

Выпуск 66

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Комбинированный блок питания

Н. Тяпкин

Комбинированный блок питания, схема которого показана на рис. 1, предназначен для отработки и налаживания транзисторных устройств малой мощности. В нем совмещены стабилизированный выпрямитель с плавной регулировкой выходного напряжения и аккумуляторная батарея, напряжение на выходе которой может изменяться переключением составляющих ее элементов.

Выпрямитель используется также для заряда аккумуляторной батареи блока или внешних аккумуляторных элементов и батарей небольшой емкости.

Особенностями стабилизатора выпрямителя являются способы обеспечения стабильности опорного напряжения и защиты от перегрузок и коротких замыканий. Для уменьшения влияния изменений тока нагрузки стабилизатора на стабильность опорного напряжения питание цепи опорного напряжения осуществляется не от отдельного выпрямителя, как это часто делается, а с дополнительного выхода выпрямительного моста, питающего стабилизатор, что исключает необходимость

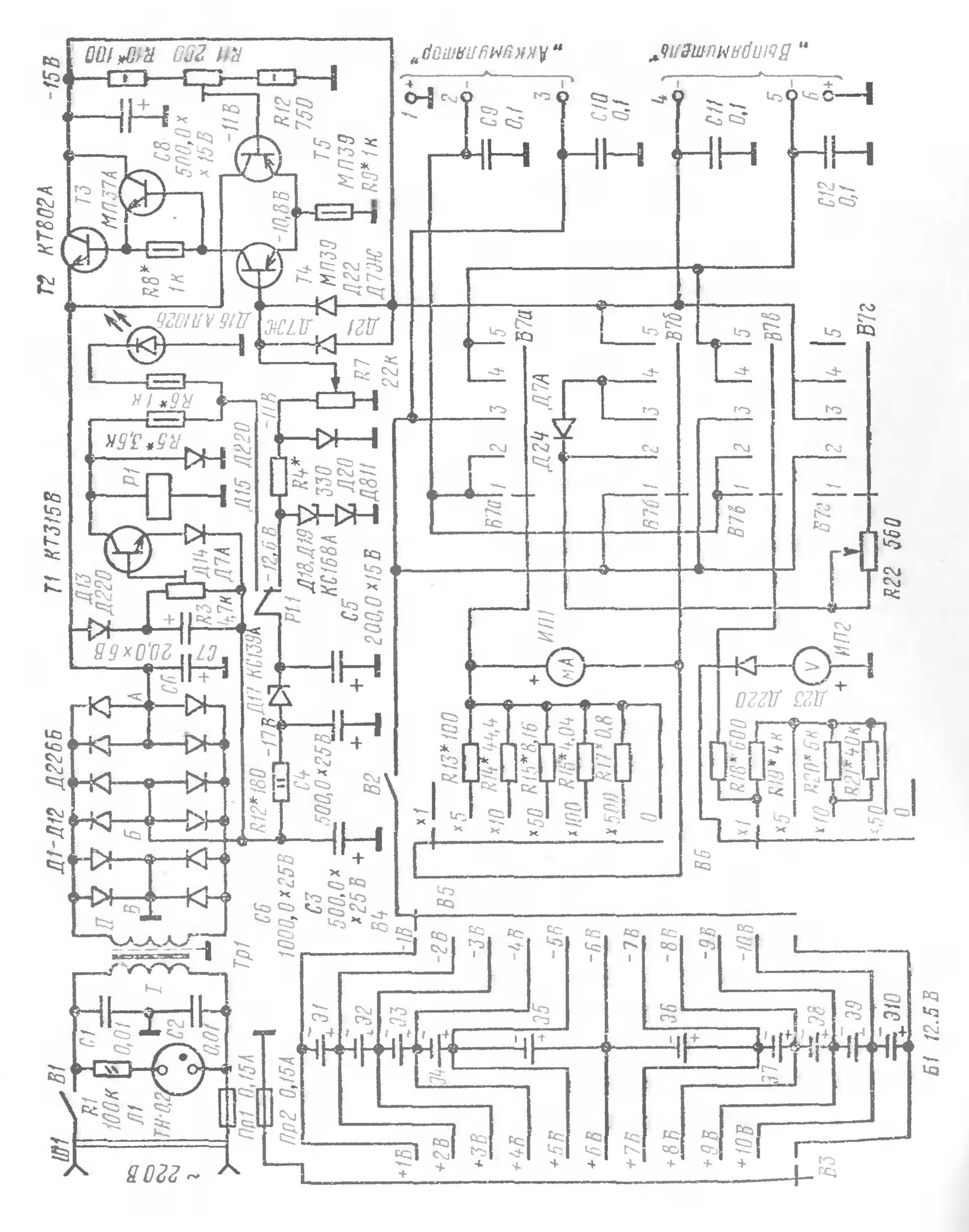


Рис. 1. Принципиальная схема блока питания

усложнения конструкции трансформатора питания. Применение двух ступеней стабилизации опорного напряжения позволяет получить почти полную независимость силы тока через стабилитрон, с которого снимается опорное напряжение, от колебаний силы тока нагрузки стабилизатора и напряжения на входе выпрямительного моста, что обеспечивает высокую степень стабильности опорного напряжения. Кроме того, введен дифференциальный усилитель сигнала рассогласования, также повышающий коэффициент стабилизации выходного напряжения.

Регулировка напряжения на выходе путем изменения величины поступающего на регулирующий элемент опорного напряжения приводит к изменению режима работы почти всех элементов стабилизатора. Это обстоятельство затрудняет осуществление автоматической защиты от перегрузок и коротких замыканий во всем диапазоне регулировки напряжения на выходе. В используемых обычно для этих целей защитных устройствах в цепи нагрузки или питания включают дополнительные резисторы, обмотки реле, достаточно мощные транзисторные ключи, тринисторные устройства и т. п., что часто ведет к усложнению стабилизатора, к увеличению его выходного сопротивления или к ограничению диапазона регулировки выходного напряжения, а также к уменьшению КПД. Во многих случаях в таких защитных устройствах порог их срабатывания по силе тока нагрузки стабилизатора изменяется при колебаниях напряжения питания или при регулировке выходного напряжения.

Защитное устройство стабилизатора выпрямителя описываемого комбинированного блока питания свободно от этих недостатков. В нем защита при перегрузках и коротких замыканиях осуществляется разрывом цепи опорного напряжения. Порог срабатывания защиты определяется не режимом работы каких-либо элементов стабилизатора, а разностью напряжений, возникающих между двумя выходами выпрямителя в результате падения напряжения на динамическом сопротивлении диодов выпрямительного моста. Эта разность напряжений зависит только от тока нагрузки выпрямительного моста, питающего стабилизатор, и не зависит от напряжений на его входе и выходе.

Порог срабатывания защиты может плавно регулироваться в широких пределах. Потребляемая мощность незначительна.

Выпрямитель комбинированного блока питания снабжен компенсационным стабилизатором напряжения с последовательным включением регулирующего элемента. Стабилизатор имеет следующие параметры: напряжение на выходе плавно регулируется в пределах 0—15 В; сила допустимого тока нагрузки $I_{н\cdot макс} = 0{,}5$ А; высокая стабильность выходного напряжения при изменении силы тока нагрузки от нуля до $I_{н\cdot макс}$ и колебаниях напряжения на вторичной обмотке трансформатора питания в пределах 14—20 В, что соответствует колебаниям напряжения сети переменного тока около ±20%; выходное сопротивление — сотые доли ома; амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения на выходе не превышает несколько милливольт.

Аккумуляторная батарея *Б1* блока составлена из десяти дисковых кадмиево-никелевых аккумуляторных элементов Д-0,25 (номинальное напряжение элемента 1,25 В; номинальная емкость 0,25 А·ч; сила номинального разрядного тока 0,025 А; сила предельного среднего разрядного тока 0,1—0,13 А; допустимое число циклов заряд — разряд более 250). Коммутация элементов батареи переключателями *В3* и *В4* позволяет получить на выходе напряжение от 0 до 12,5 В, меняющееся ступенями в 1,25 В, при небольшой силе тока нагрузки, равной 0,13 А.

Выпрямитель блока питания выполнен на диодах *Д1—Д4* и *Д5—Д12*, включенных по мостовой схеме (выход *А-В*). Выпрямленное напряжение с выхода *А* поступает на стабилизатор, собранный на транзисторах *Т1—Т5*. Часть выходного напряжения стабилизатора, снимаемая с делителя *R10—R12*, подается на базу транзистора *Т5* для сравнения с опорным напряжением на базе транзистора *Т4*. Результирующий сигнал рассогласования через дифференциальный усилитель на транзисторах *Т4, Т5* управляет режимом составного транзистора *Т2Т3*, являющегося регулирующим элементом стабилизатора. Резистор *R8* предотвращает приоткрывание транзистора *Т3* его током утечки.

Для питания цепей опорного напряжения, стабилизация которого осуществляется цепочкой стабилитронов *Д17—Д20*, используется выход *Б-В* выпрямителя.

Опорное напряжение, поступающее на базу транзистора *Т4*, снимается со стабилитрона *Д20* и устанавливается резистором *R7*, служащим и для регулировки выходного напряжения.

Устройство на транзисторе *Т1* и электромагнитном реле *Р1* защищает стабилизатор от перегрузок и коротких замыканий. Принцип его работы заключается в следующем. С ростом силы тока нагрузки на выходе выпрямителя *А-В* в результате роста силы тока нагрузки стабилизатора напряжения в точке *А* по отношению к точке *Б* становится положительным. Напряжение, возникающее между выходами *А-В* и *Б-В* выпрямителя, снимается с резистора *R3* и подается на базу транзистора *Т1*. При некоторой силе тока коллектора этого транзистора срабатывает реле *Р1* и его контакты *Р1.1* разрывают цепь опорного напряжения, что вызывает лавинное закрывание транзисторов стабилизатора. Реле при этом самоблокируется через резистор *R5* и одновременно включает индикатор перегрузки — светодиод *Д16*.

Порог срабатывания защитного устройства устанавливают резистором *R3*.

Разблокировка реле *Р1* осуществляется выключением питания переключателем *В1*. После устранения причин перегрузки включением питания стабилизатор вновь приводится в рабочее состояние.

Диод *Д14* выполняет роль ограничителя коллекторного тока транзистора *Т1* и обеспечивает некоторую температурную стабилизацию режима его работы. Диод *Д15* демпфирует выбросы напряжения на обмотке реле *Р1*. Во время налаживания стабилизатора и защитного устройства (*Т1, Р1*) диоды *Д21* и *Д22* защищают их от коротких замыканий. При коротком замыкании на выходе устройства малое прямое сопротивление этих диодов шунтирует цепь база — эмиттер транзистора *Т4*, что приводит к закрыванию остальных транзисторов стабилизатора.

Подключение выхода выпрямителя, аккумуляторной батареи и измерительных приборов к выходным зажи-

мам 1—6 блока питания, а также коммутация элементов батареи и пределов измерений миллиамперметра ИП1 и вольтметра ИП2 осуществляются переключателями В3—В7. Переключатель рода работы В7 имеет пять положений: 1 — выход батареи Б1 на зажимы 1 и 2 через измерительные приборы; 2 — выход батареи на зажимы 1 и 2 через измерительные приборы и переменный резистор R22; 3 — заряд батареи Б1 от выпрямителя блока; 4 — выход выпрямителя на зажимы 5 и 6 через измерительные приборы, резистор R22 и диод Д24 для заряда внешних аккумуляторов и аккумуляторных батарей; 5 — выход выпрямителя на зажимы 5 и 6 через измерительные приборы. Переключателем В5 устанавливают необходимые пределы измерений миллиамперметра ИП1 (0,1; 5; 10; 50; 100 и 500 мА; в положении «×0» миллиамперметр замкнут), а переключателем В6 — пределы измерений вольтметра ИП2 (0,1; 5; 10 и 50 В; в положении «×0» вольтметр отключен). Переключателями В3 и В4 подключают к выходным зажимам или на заряд от выпрямителя блока одновременно все элементы Э1—Э10 батареи Б1, любую группу или отдельные ее элементы.

Переключателем В3 коммутируют положительные полюсы элементов, а переключателем В4 — отрицательные.

Отсчет числа включаемых элементов ведется от отрицательного полюса батареи.

Аккумуляторная батарея блока защищена от перегрузок и коротких замыканий предохранителем Пр2. Переменным резистором R22 плавно регулируют силу тока нагрузки батареи и силу тока заряда ее элементов. Диод Д24 предотвращает возможность разряда заряжаемого аккумулятора через выходные цепи стабилизатора при выключенном выпрямителе. Диод Д23 защищает вольтметр ИП2 при ошибочной полярности напряжения на выходе батареи Б1, устанавливаемой переключателями В3 и В4.

Для одновременного использования выпрямителя и батареи блока предусмотрен неконтролируемый измерительными приборами выход батареи на зажимы 1 и 3 и выпрямителя на зажимы 4 и 6, независимо от положения переключателя В7. Общим проводом выхода блока питания являются положительные выводы выпрямителя и батареи. В случае необходимости полярность напряжения батареи на зажимах 1 и 3 переключателями В3 и В4 может быть изменена на обратную.

Конструкция и детали. Блок питания собран в металлическом корпусе размерами 260×150×70 мм. Диоды выпрямительного моста размещены на отдельной печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. На другой печатной плате размещены детали стабилизатора и защитного устройства.

Трансформатор питания Тр1 имеет магнитопровод Ш16×22. Обмотка I содержит 2840 витков провода ПЭВ-1 0,12 (для сети напряжением 127 В — 1640 витков провода ПЭВ-1 0,14), обмотка II — 240 витков провода ПЭВ-1 0,51 (номинальное напряжение 17,5 В). Электростатический экран между обмотками выполнен в виде незамкнутого витка латунной фольги.

Элементы аккумуляторной батареи помещены в пластмассовый цилиндр, через прорезь в стенке которого пропущены лепестки проложенных между элементами контактных шайб, являющиеся выводами полюсов элементов.

Для измерительных приборов ИП1 и ИП2 использованы миллиамперметры типа М4200 на силу тока 1 мА. Электромагнитное реле РЭС-10, паспорт РС4.524.302. Можно использовать реле РЭС-9, паспорт РС4.524.201 или любые другие с силой тока срабатывания 15—40 мА и сопротивлением обмотки постоянному току 500—600 Ом.

Статический коэффициент передачи тока транзисторов Т1 и Т3—Т5 должен быть 30—40, а транзистора Т2 — 10—15. Транзистор Т1 — МП37А, МП37Б, а для реле с бóльшей силой тока срабатывания — ГТ404 с любым буквенным индексом. Транзистор Т2 установлен на радиаторе, представляющем собой латунный стакан диаметром 54 мм, толщина дна которого 5, высота обода — 23, а толщина стенки обода — 2 мм. Обод стакана разрезан по периметру на 24 сегмента. Этот транзистор можно заменить транзисторами П702, П702А, КТ803А, КТ805А, КТ805Б. Транзисторы Т3—Т5 — любые маломощные низкочастотные или среднечастотные соответствующей структуры. Транзисторы Т4 и Т5 надо подобрать с возможно одинаковыми параметрами $h_{21э}$ и $I_{КБО}$.

При выборе стабилитронов для замены следует руководствоваться тем, что напряжение стабилизации стабилитрона *Д20* должно быть несколько меньше максимального выходного напряжения стабилизатора, а напряжение стабилизации цепочки *Д17—Д19* — ниже возможного минимального напряжения на выходе *Б-В* выпрямителя при максимальной нагрузке обоих его выходов. Сила допустимого тока стабилизации стабилитронов *Д18* и *Д19* (можно заменить одним стабилитроном на соответствующее напряжение стабилизации) должна быть не меньше 25—30 мА, а стабилитрона *Д17* — 40—70 мА. Стабилитрон *Д17* — КС139А или при незначительном ухудшении стабилизации опорного напряжения заменяется резистором сопротивлением 180—200 Ом.

Диоды *Д1—Д12* выпрямительного моста — серии Д7, диоды *Д13* и *Д23* — серии Д9 или Д2. Желательно, чтобы диоды *Д14, Д21, Д22* и *Д24* были германиевыми с малым прямым и большим обратным сопротивлением. Диод *Д15* — серии Д7, Д219А, Д223, Д312.

Резисторы *R3* и *R7* — типа СП3-4а, *R11* и *R22* — проволочные типа ППЗ. Резисторы *R13—R17*, шунтирующие миллиамперметр, и добавочный резистор *R18* вольтметра выполнены проводом из манганина, намотанным на пластмассовых корпусах и корпусах резисторов типа ВС. Остальные постоянные резисторы типа МЛТ. Конденсаторы *С3—С8* фильтра выпрямителя — типа К50-6, *С1, С2* и *С9—С12* — БМТ и МБМ.

Налаживание. Прежде всего надо подбором резисторов *R13—R21* уточнить шкалы миллиамперметра и вольтметра по образцовым приборам. Затем отключить питание транзисторов стабилизатора в точке *А* выпрямительного моста и подбором резистора *R2* (на схеме ошибочно обозначен *R12,* 180 Ом) добиться равенства силы тока через цепочку стабилитронов *Д18, Д19* 16—18 мА (если напряжение на обмотке *II* трансформатора питания может уменьшаться более чем до 14 В, силу этого тока следует увеличить до 25 мА). Сила тока через стабилитрон *Д20* должна равняться 5 мА.

Далее переключатель *В7* ставят в положение *«5»*, *В5* — в положение *«×500»*, *В6* — в положение *«×50»*, движок резистора *R3* в нижнее (по схеме) положение, а резистора *R7* — в верхнее и включают питание транзисторов. Подбором резистора *R10* и переменным резистором *R11* регулируют напряжение на выходе стабилизатора (оно равно 15 В примерно при среднем положении движка резистора *R11*).

Затем резистор *R8* следует заменить резистором сопротивлением 100—200 Ом, включить в эмиттерную цепь транзистора *Т2* внешний миллиамперметр и, замкнув накоротко выход стабилизатора, подбором этого резистора установить в эмиттерной цепи транзистора *Т2* силу тока в пределах 25—50 мА (чем больше сопротивление резистора *R8*, тем выше коэффициент стабилизации выходного напряжения стабилизатора, но тем большей может оказаться сила остаточного тока в цепи эмиттера транзистора *Т2* при коротком замыкании на выходе). После этого разомкнуть выход стабилизатора, отключить внешний миллиамперметр, нагрузить стабилизатор силой тока 0,5 А по миллиамперметру *ИП1* и резистором *R3* добиться порога срабатывания реле *Р1*, равного 0,5 А. Сопротивление резистора *R5* должно быть таким, чтобы сила тока через обмотку реле несколько превышала силу тока отпускания, сопротивление резистора *R6* — чтобы сила тока через светодиод *Д16* при срабатывании реле не превышала 20 мА.

Если необходимо зарядить аккумуляторную батарею блока *Б1*, переключатель *В7* ставят в положение *«3»*, движок резистора *R7* в среднее, движок резистора *R22* — в левое, переключатель *В3* — в нижнее, а переключатель *В4* — в верхнее (по схеме) положения; переключатели *В5* и *В6* должны быть в положениях *«×50»*, затем, включив питание тумблерами *В1* и *В2*, резисторами *R7* и *R22* устанавливают силу тока заряда батареи, равную 20 мА (продолжительность заряда 19 ч). Включая выпрямитель тумблером *В1*, периодически проверяют напряжение аккумуляторной батареи по вольтметру *ИП2*.

Порог срабатывания реле *Р1*, равный 0,25—0,5 А, регулируется резистором *R3* (верхний предел ограничен лишь тепловым режимом транзистора *Т2* и силой допустимого выпрямленного тока диодов *Д1—Д12*, а нижний — величиной коэффициента $h_{21э}$ транзистора *Т1*, чувствительностью реле *Р1* и силой тока, потребляемого цепью стабилизации опорного напряжения).

Если требуемый порог срабатывания ниже 0,25 А,

2 9—1131

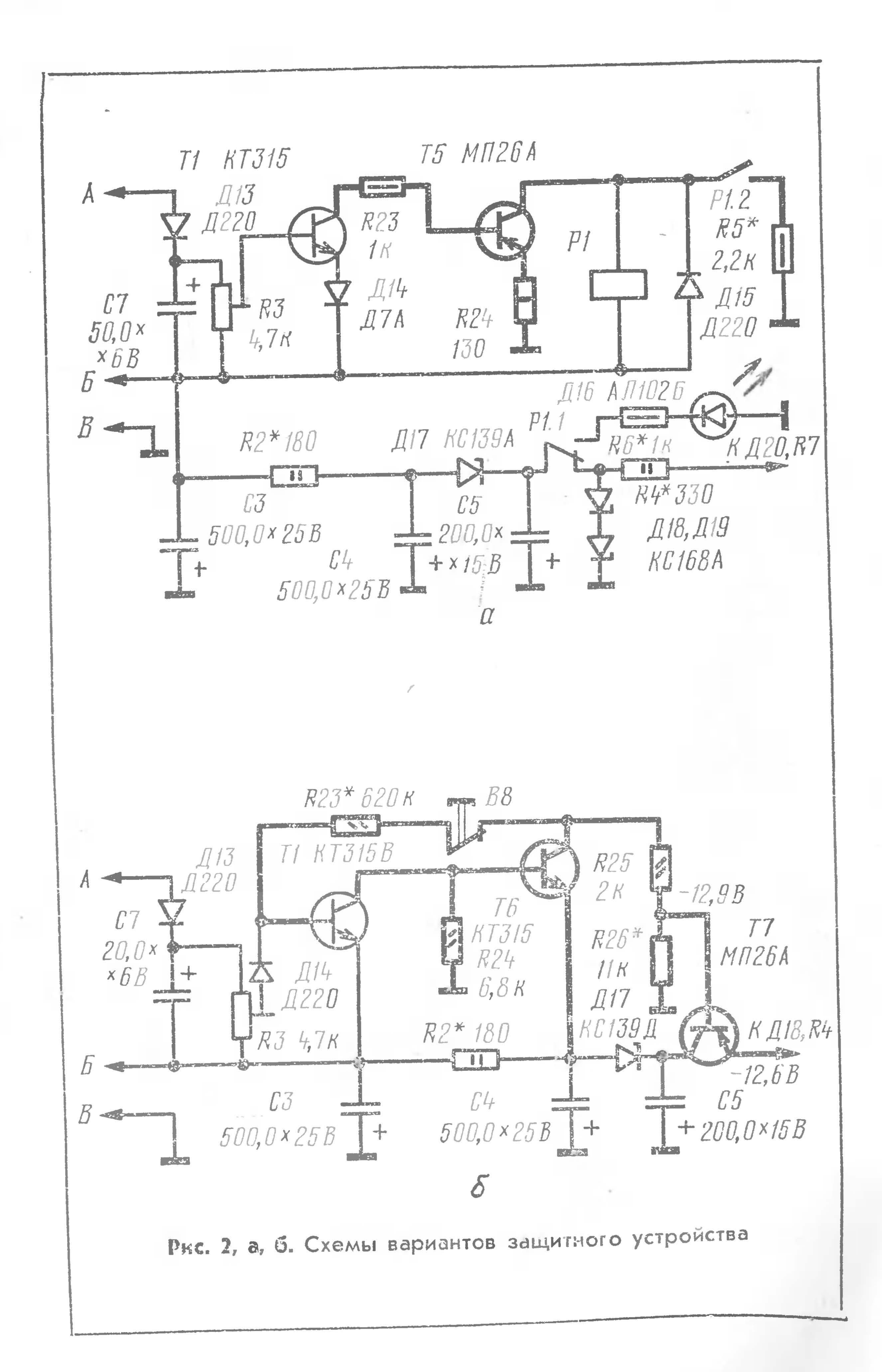


Рис. 2, а, б. Схемы вариантов защитного устройства

то защитное устройство может быть собрано по схеме, приведенной на рис. 2, *а* (дополнительные детали выделены утолщенными линиями). Реле *Р1* — типа РЭС-9, паспорт РС4.524.201.

Схема защитного устройства триггерного типа с транзисторным ключом (без электромагнитного реле) приведена на рис. 2, *б*. Принцип работы такого варианта защитного устройства заключается в следующем. При отсутствии перегрузки стабилизатора сила коллекторного тока транзистора *Т1* невелика и транзисторы *Т6* и *Т7* открыты. При перегрузке (порог срабатывания защиты устанавливается резистором *R3*) возрастание силы коллекторного тока транзистора *Т1* приводит к закрыванию транзистора *Т6*, в результате чего закрывается и транзистор *Т7*. Это вызывает разрыв цепи опорного напряжения, и транзисторы стабилизатора *Т2—Т5* закрываются. Транзистор *Т1* удерживается в открытом состоянии напряжением участка коллектор — эмиттер закрытого транзистора *Т6*, которое поступает на базу транзистора *Т1* через резистор *R23*. По устранении перегрузки стабилизатора защитное устройство приводится в исходное состояние кратковременным нажатием нормально замкнутой кнопки *В8*. Сила тока, потребляемого транзисторами *Т1* и *Т6*, не превышает 3 мА. Индикатором перегрузки в данном случае является только вольтметр *ИП2*, но в случае необходимости к коллекторной цепи транзистора *Т6* может быть подключен дополнительный каскад усиления тока с электромагнитным реле для включения светового или звукового индикатора перегрузки.

После налаживания защитного устройства, образуемого транзистором *Т1* и реле *Р1* (или устройств по схемам, приведенным на рис. 2), диоды *Д21* и *Д22* (защита стабилизатора от коротких замыканий) можно исключить. Однако простота и безынерционность такой защиты в самых тяжелых случаях перегрузки вполне оправдывают их сохранение в блоке.

Генератор телевизионного испытательного сигнала

Ю. Шевченко

Прибор предназначен для нахождения неисправностей в телевизорах. С его помощью могут быть проверены каскады УПЧИ, видеодетектора, видеоусилителя, амплитудный селектор, система АПЧиФ, АРУ, АПЧГ, ПТК, линейность вертикальной развертки, размеры по вертикали и горизонтали. Может также оцениваться устойчивость строчной и кадровой синхронизации, производиться грубая настройка телевизора на частоту канала и промежуточную. Опытная эксплуатация прибора показала его достаточно высокую устойчивость и надежность работы.

Генератор формирует упрощенный телевизионный сигнал, состоящий из видеоимпульсов вертикальных и горизонтальных полос, строчных и кадровых гасящих и синхронизирующих импульсов. Выход высокочастотного сигнала, модулированного телевизионным видеосигналом, осуществляется на частоте 2-го телевизионного канала и на промежуточной частоте.

Технические данные генератора: частота строчной развертки 15,6 кГц, частота кадровой развертки 50 Гц, число вертикальных полос 4—8, число горизонтальных полос 4—12. Длительность строчного синхроимпульса 5 мкс, кадрового синхроимпульса 220 мкс, строчного гасящего импульса 10—14 мкс, кадрового гасящего импульса 1200 мкс. Задержка кадрового синхроимпульса относительно кадрового гасящего импульса 200 мкс. Амплитуда видеосигнала на выходе 3,5 В, высокочастотного напряжения — 200 мВ.

Принципиальная схема прибора показана на рис. 1. Строчной синхронизирующий импульс формируется мультивибратором на транзисторах *T1* и *T2* с эмиттерным конденсатором *C2*. Подстроечным резистором *R5* устанавливают необходимую частоту генерации. Длительность импульса определяется элементами *C2*,

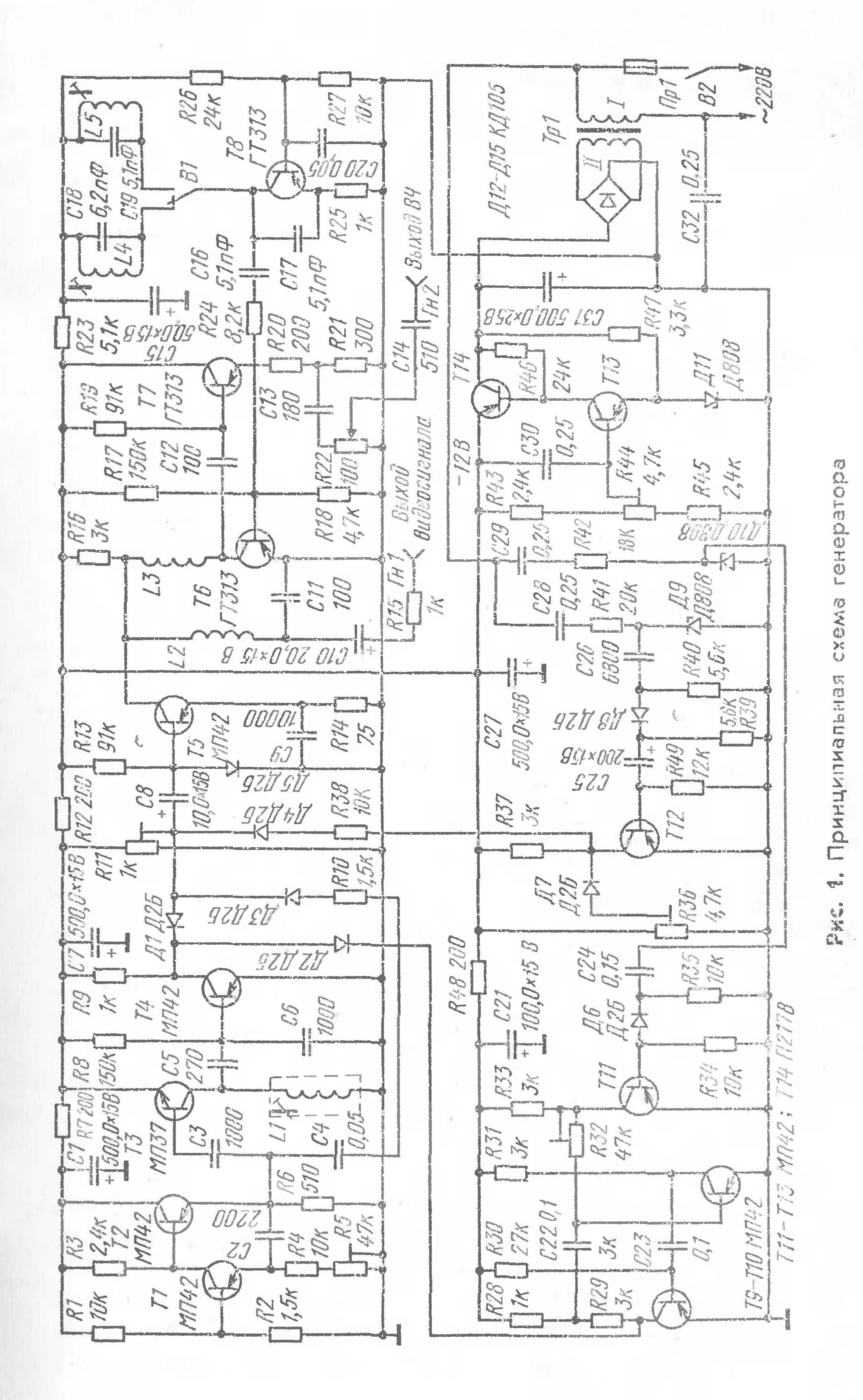


Рис. 1. Принципиальная схема генератора

R6 и не регулируется. Цепочка *C1R7* обеспечивает необходимую фильтрацию напряжения питания и исключает попадание строчной частоты в цепи питания.

Импульсы строчной частоты положительной полярности снимаются с эмиттера транзистора *T2* и через разделительный конденсатор *C3* подаются на базу транзистора *T3*. В цепь его коллектора включен колебательный контур *L1C5C6*, настраиваемый на частоту, кратную частоте строк. Путем настройки этого контура изменяется фаза напряжения на нем так, чтобы в телевизионном сигнале строчной синхроимпульс расположился между двумя соседними импульсами вертикальных полос, благодаря чему образуется строчной гасящий импульс. Напряжение, снимаемое с контура-умножителя, ограничивается транзистором *T4*, и на его коллекторе формируются прямоугольные импульсы, кратные частоте строк. Согласование входного сопротивления ограничителя с контуром обеспечивает его частичное включение.

Импульсы горизонтальных полос формирует мультивибратор на транзисторах *T9, T10*. Для улучшения формы этих импульсов конденсатор *C22* подключен к части коллекторной нагрузки *R28R29* транзистора *T9*. Напряжение на базу транзистора *T10* подается через подстроечный резистор *R32* с коллектора транзистора *T11*, формирующего кадровый гасящий импульс. Благодаря такому включению с коллектора транзистора *T4* снимается смесь импульсов горизонтальных полос и кадровых гасящих импульсов. Сложение их с импульсами вертикальных полос осуществляется в коллекторной цепи транзистора *T4*. Для выравнивания амплитуд полученной смеси импульсов применен ограничитель на диоде *Д1*. Порог его ограничения устанавливают резистором *R11*. На этом же резисторе происходит сложение строчных и кадровых синхронизирующих импульсов с импульсами смеси.

Для получения задержки кадрового синхроимпульса относительно гасящего переменное напряжение сети подается через конденсатор *C32* на две фазосдвигающие цепочки: *C28R41Д9* и *C29R42Д10*. На стабилитронах *Д9, Д10* формируются прямоугольные импульсы частотой 50 Гц, необходимый временной сдвиг передних фронтов которых удается получить подбором резисторов

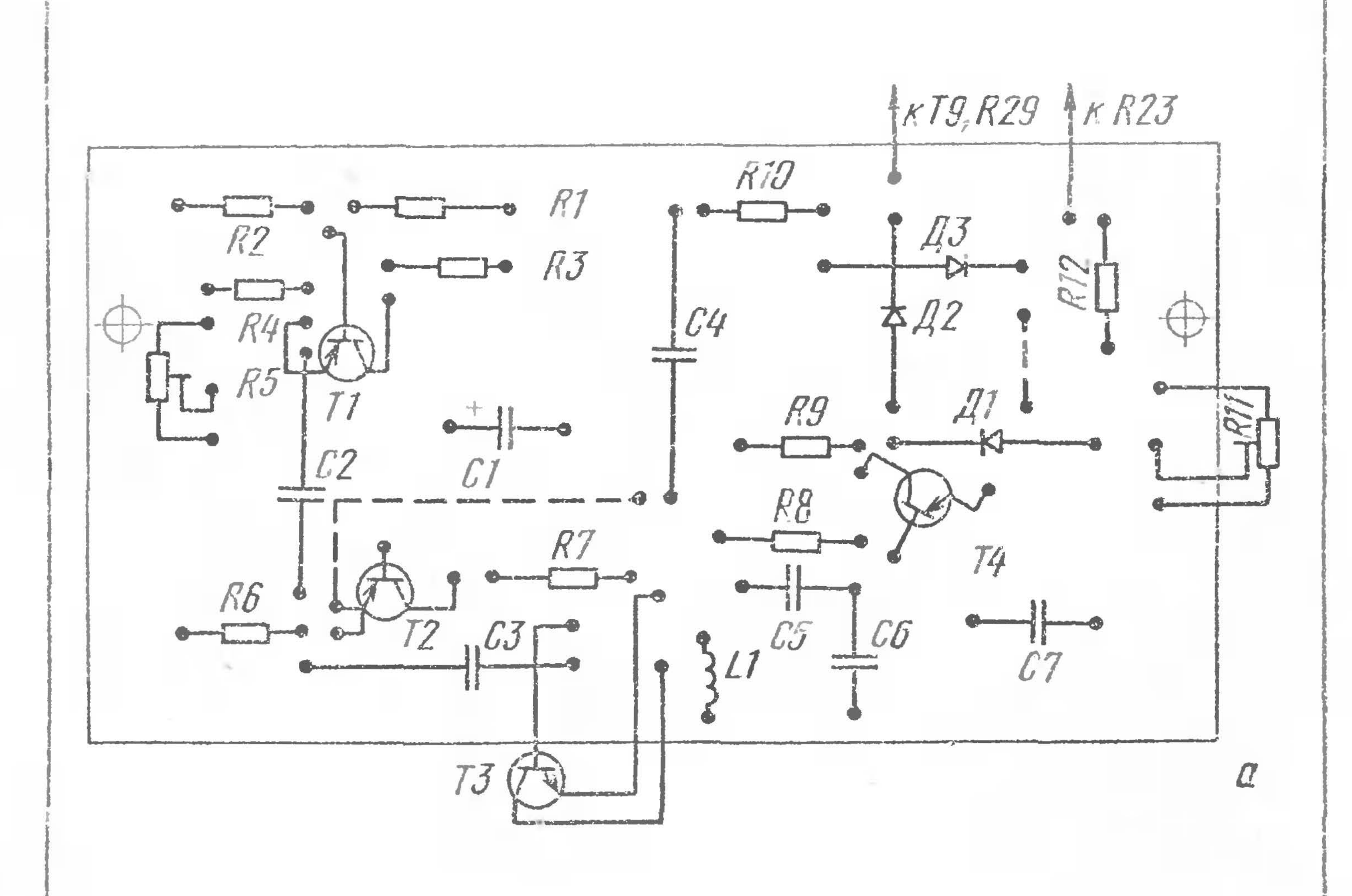
R41 и *R42*. Затем эти импульсы подаются на дифференцирующие цепочки *C26R40* и *C24R35*, после чего усиливаются и ограничиваются транзисторами *T11* и *T12*. Благодаря соответствующему подбору постоянных времени дифференцирующих цепочек на коллекторах транзисторов формируется гасящий или синхронизирующий импульс.

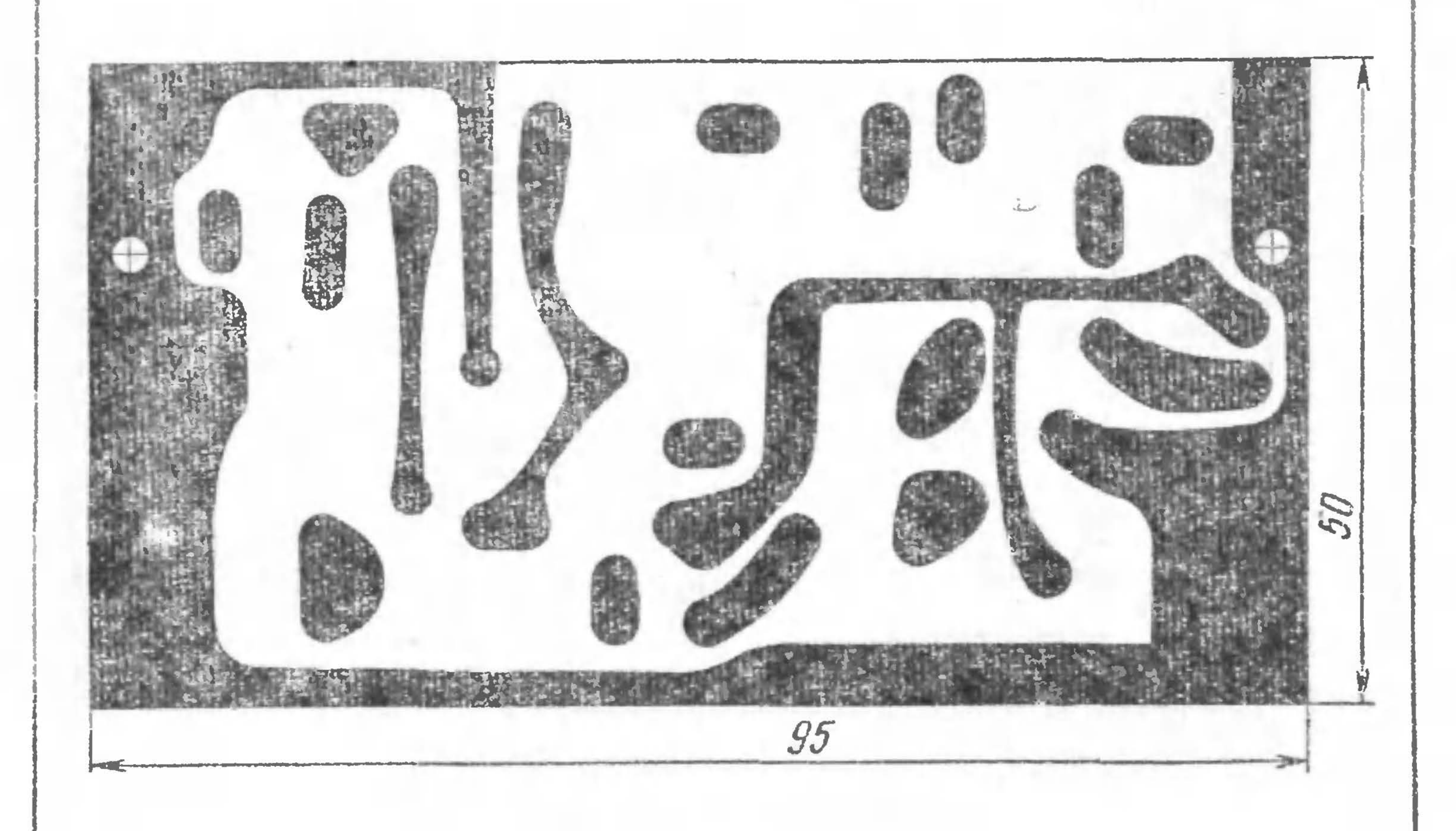
С резистора *R11* телевизионный видеосигнал через конденсатор *C8* поступает на модулирующий транзистор *T5*. Диод *Д5* осуществляет восстановление постоянной составляющей телевизионного видеосигнала. Резистор *R14* служит для получения необходимого раствора модуляционной характеристики. С коллектора транзистора *T5* модулирующее напряжение подается на коллектор транзистора *T6* усилителя высокой частоты, нагрузкой которого служит дроссель *L3*. Через дроссель *L2* и цепочку *C10C11R15* модулирующее напряжение поступает на выходное гнездо *Гн1* для проверки видеоусилителя телевизора. Модулированное высокочастотное напряжение подводится к высокочастотному гнезду *Гн2* через транзистор *T7*, включенный эмиттерным повторителем. При этом исключается влияние цепей телевизора на цепи генератора.

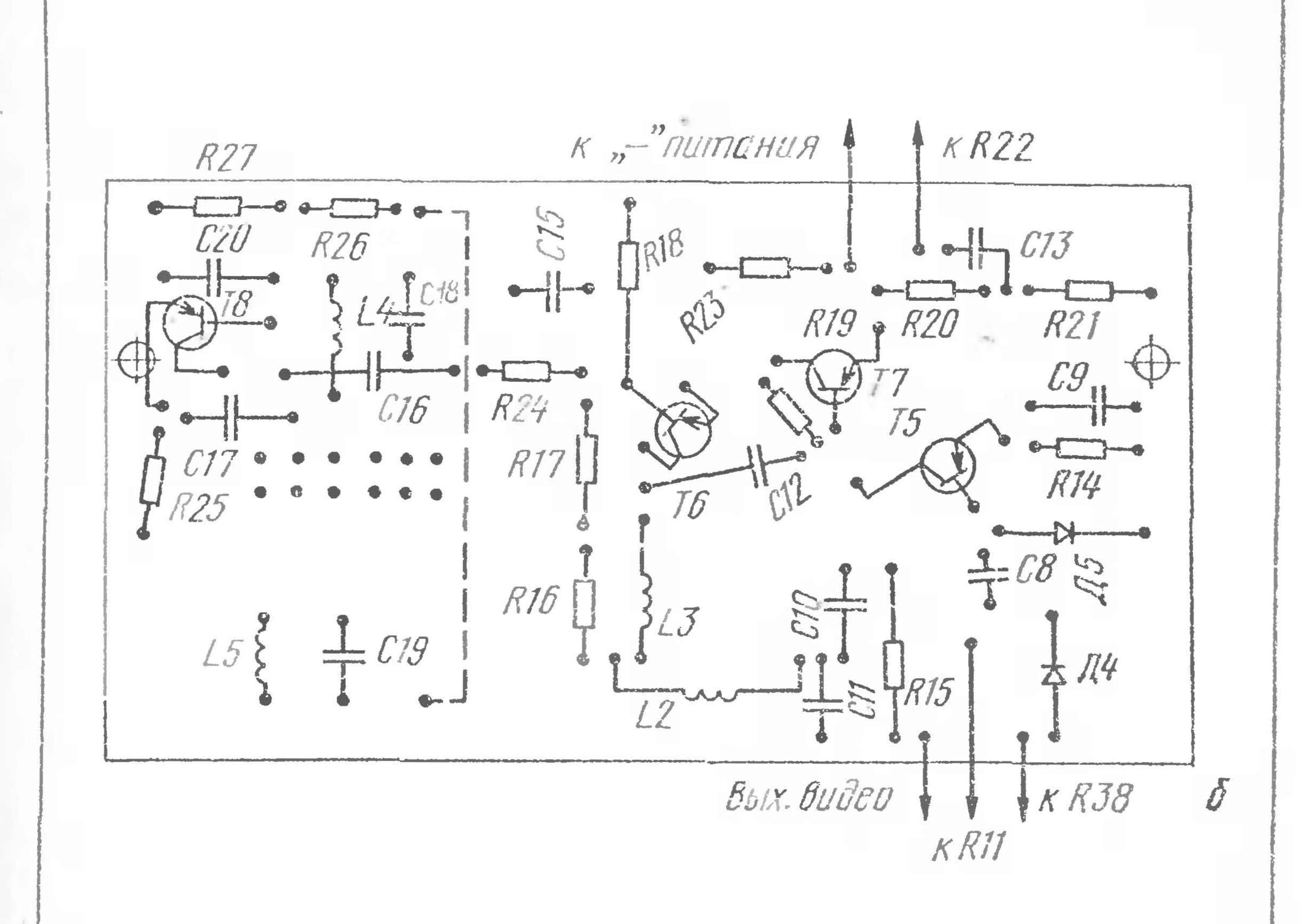
Задающий генератор высокой частоты собран на транзисторе *T8*. Переключателем *B1* в цепь его коллектора включают контур *L4C18*, настроенный на частоту 2-го телевизионного канала, или контур *L5C19*, настроенный на промежуточную частоту. С коллектора транзистора *T8* на базу транзистора *T6* высокочастотное напряжение подается через цепочку *C16R24*, выравнивающую выходное напряжение при переключении контуров. Развязывающая цепочка *C15R23* уменьшает влияние остальных каскадов на задающий генератор.

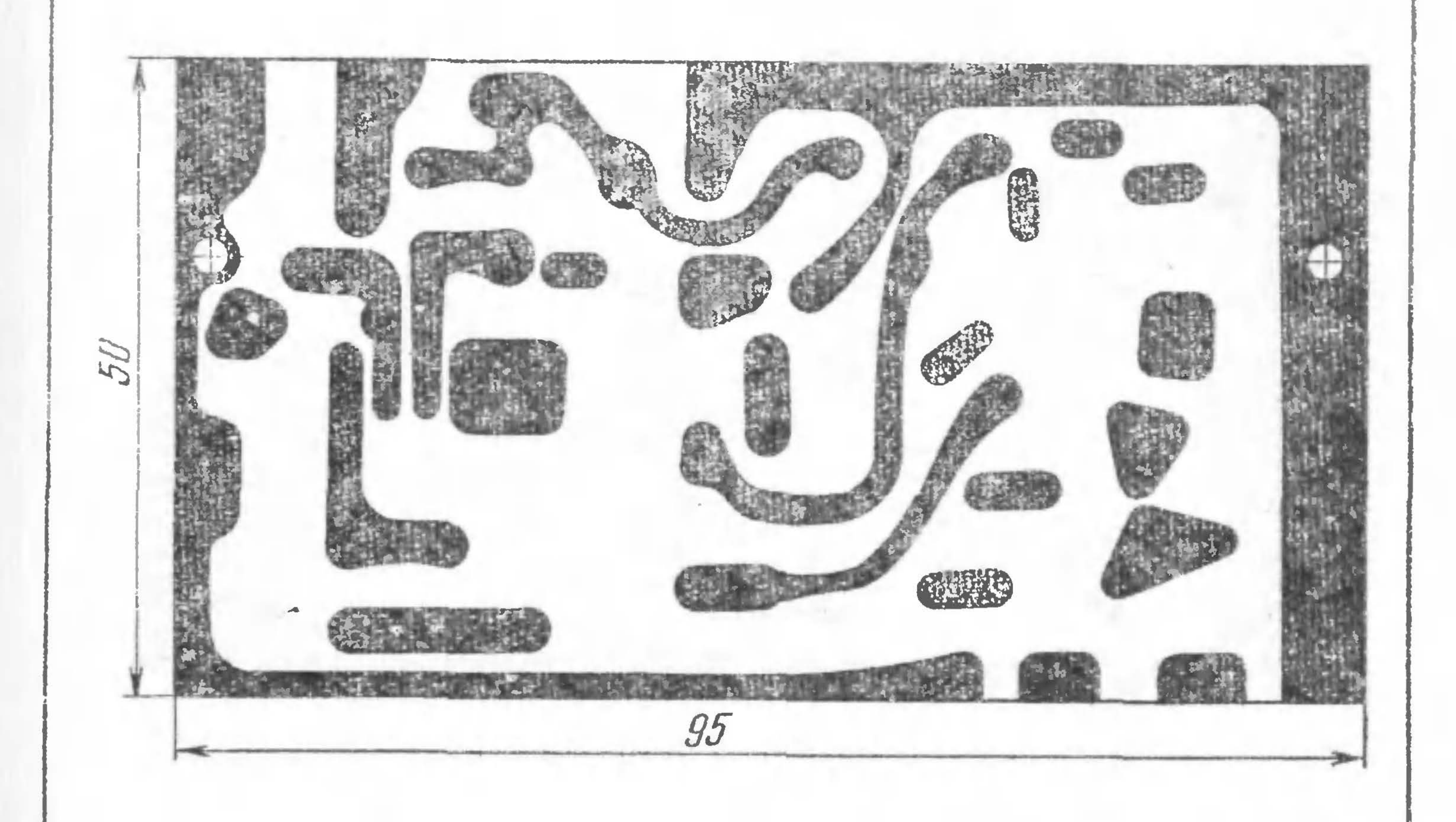
Питание прибора осуществляется от сети переменного тока через трансформатор *Тр1*, мостовой выпрямитель на диодах *Д12—Д15* и электронный стабилизатор на транзисторах *T13, T14*. Напряжение на его выходе 12 В.

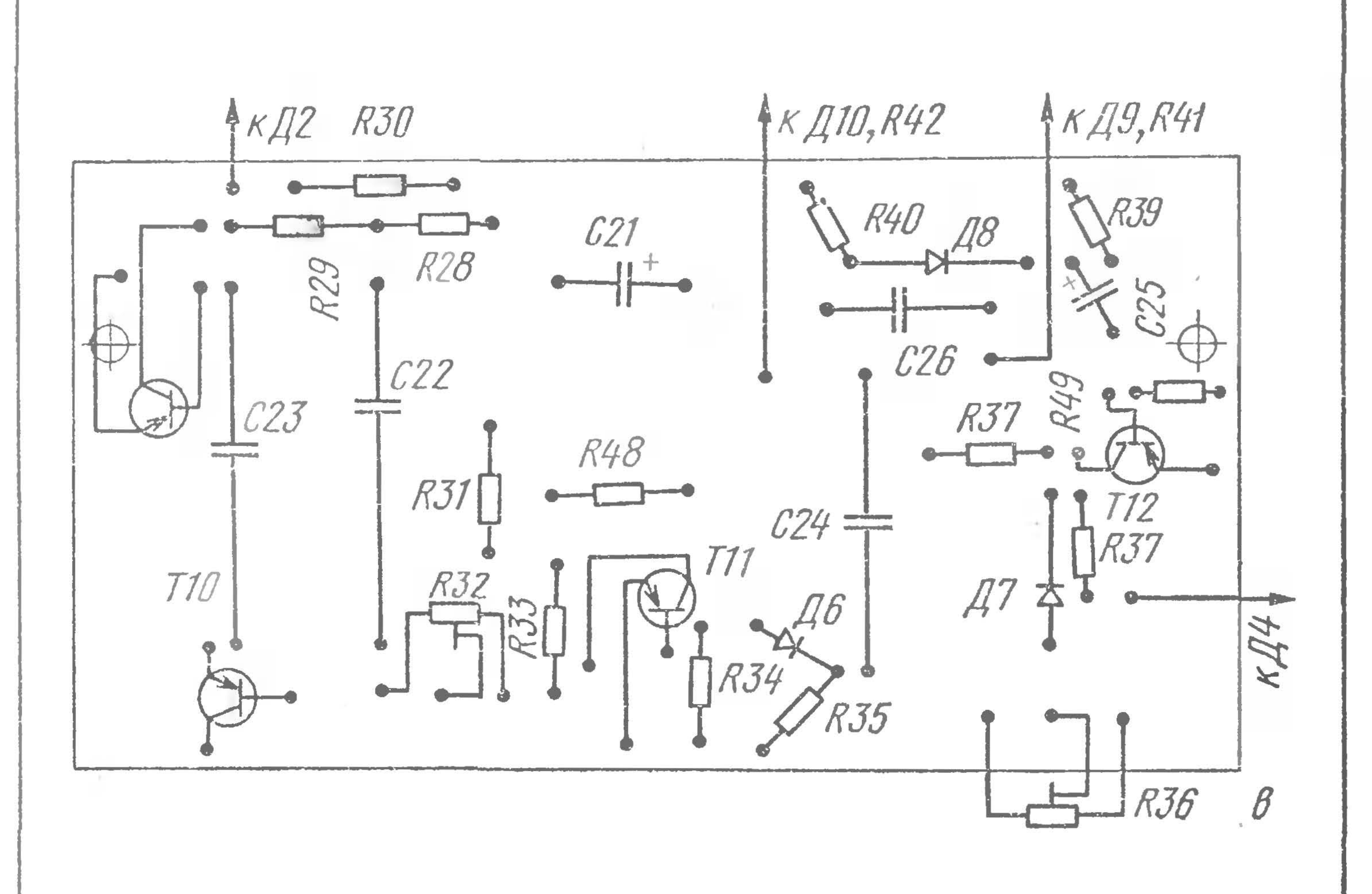
Детали, конструкция. Транзисторы, используемые в приборе, МП42, ГТ313А и П217А; диоды — Д2Б, КД105Б, стабилитроны — Д808. Конденсаторы *C1, C7, C8, C15, C21, C25, C27* и *C31* типа К50-6, *C4, C22, C23, C24, C28 — C30* и *C32* — МБМ, остальные КТ. Постоянные

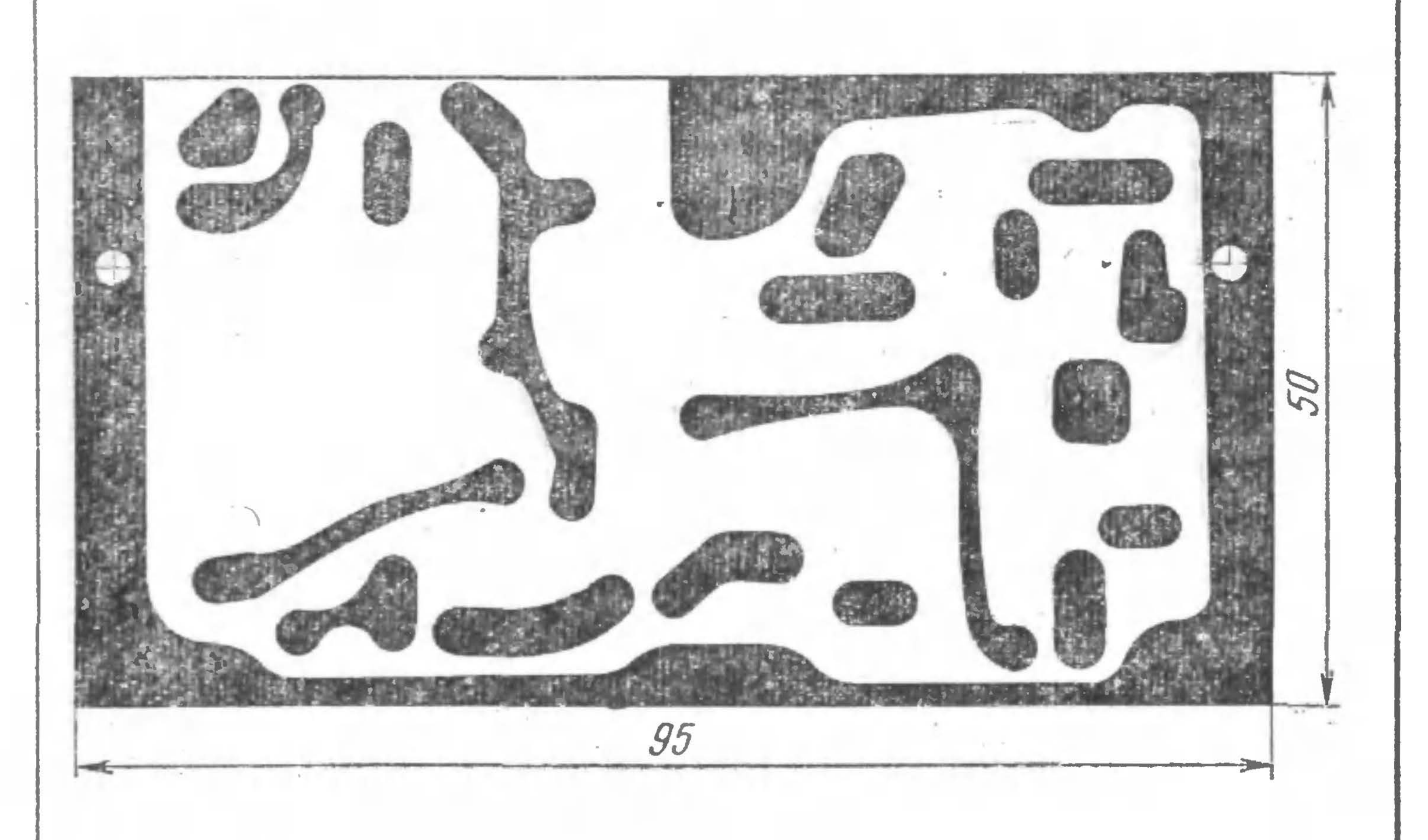

к Т9, R29
к R23
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
T1
T2
T3
T4
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
Д1
Д2
Д3
L1
а

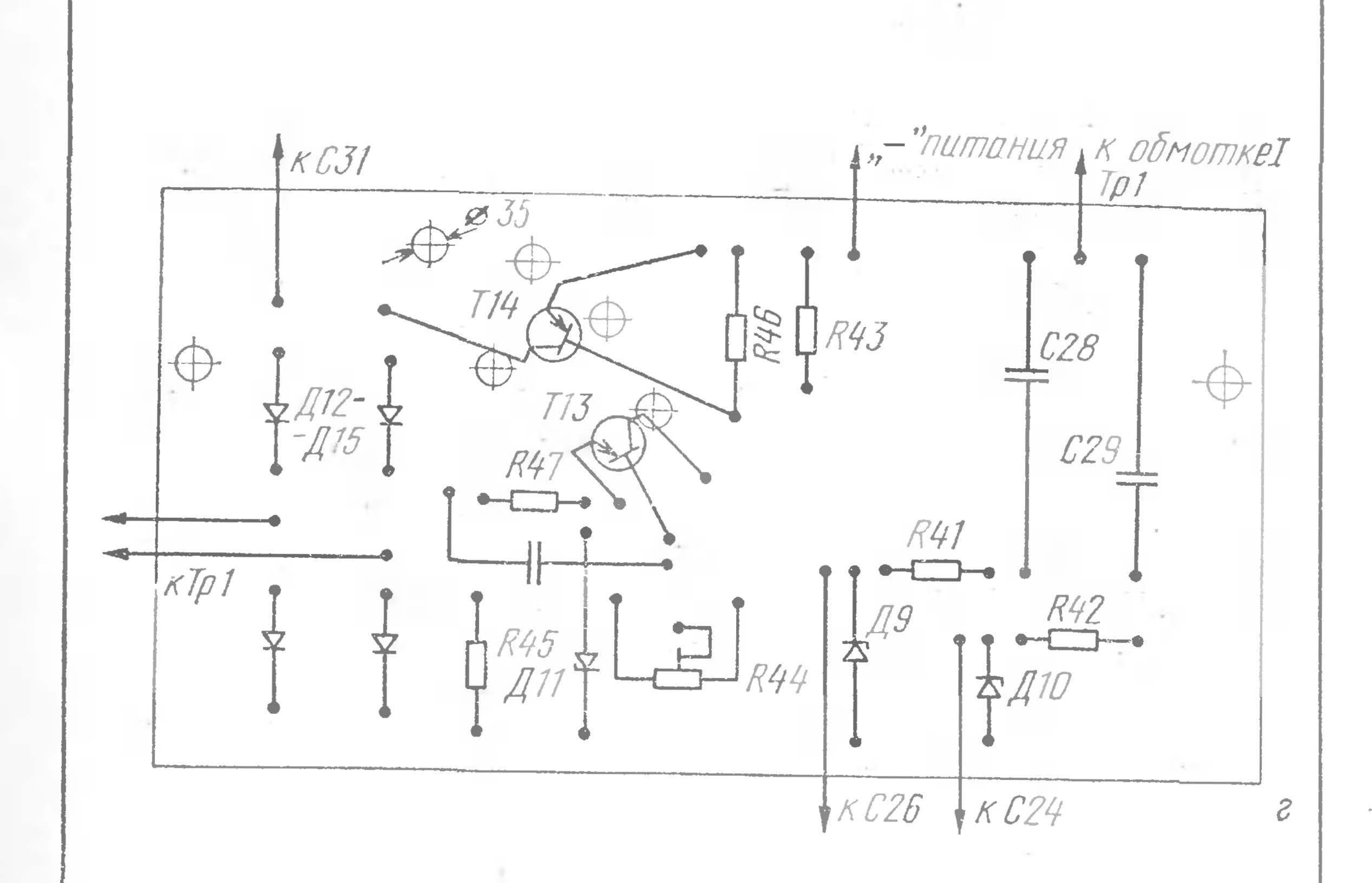

50
95


к „–" питания
к R22
R27
C20
R26
C15
R18
C13
T8
L4
C18
R23
R19
R20
R21
C16
R24
T7
C9
C17
R17
T5
R14
R25
T6
C12
C8
Д5
R16
L3
C10
L5
C19
C11
R15
Д4
L2
Вых. видео
к R11
к R38
б


50
95







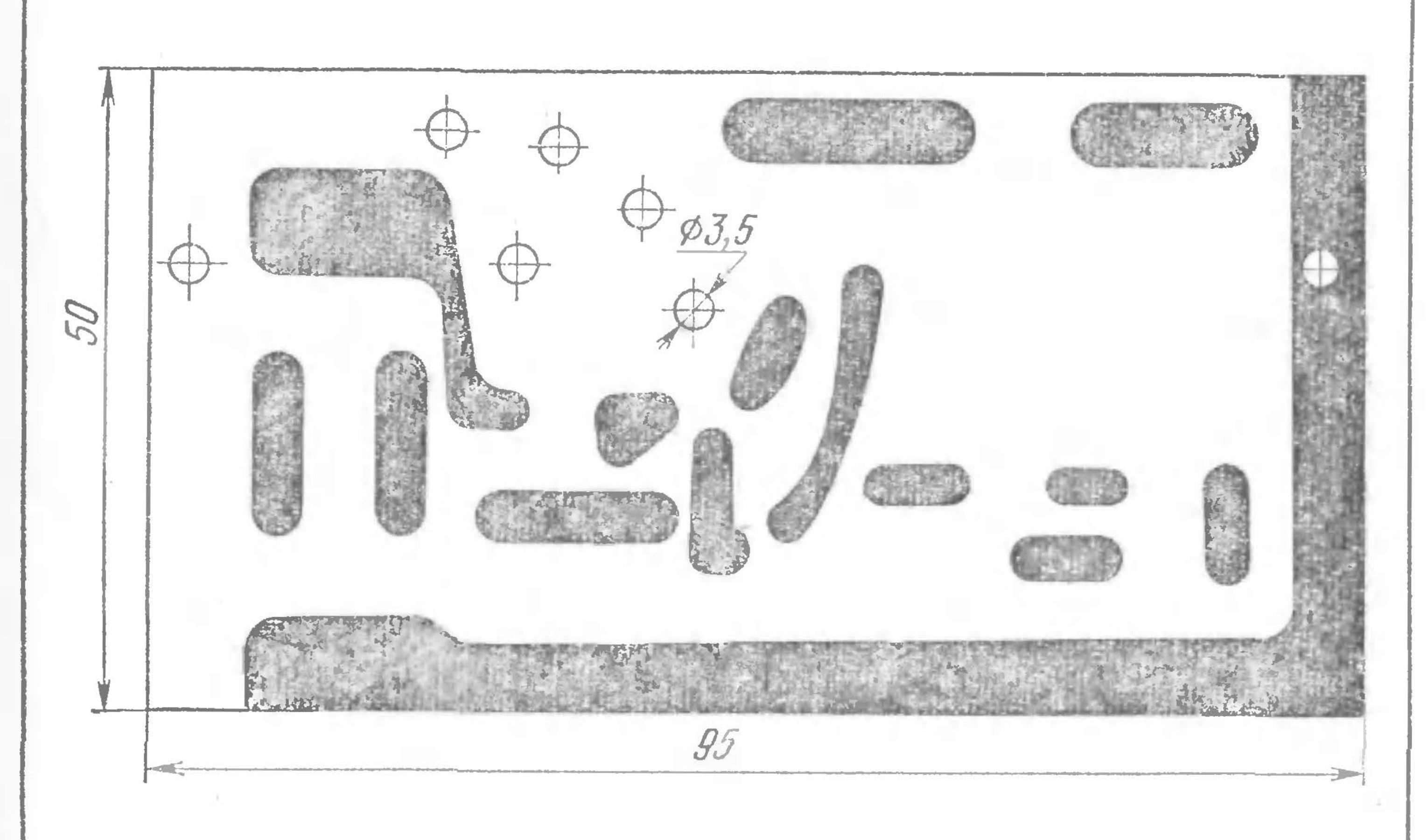


Рис. 2. Монтажные и печатные платы: а — генератора вертикальных полос; б — ВЧ генератора и модулятора; в — генератора горизонтальных полос; г — выпрямителя и стабилизатора напряжения

резисторы — МЛТ-0,25, переменный резистор *R22* — СПО-0,5, подстроечные *R5, R11, R32, R36* и *R44* — СПЗ-1б.

Катушки *L1, L4* и *L5* намотаны на каркасах контурных катушек транзисторного радиоприемника «Родина»: *L1* — на секционированном каркасе катушки ДВ (или СВ) диапазона и содержит 960 витков провода ПЭВ-1 0,1, *L4* и *L5* — на каркасах катушек. КВ диапазона и содержат соответственно 6 и 8 витков провода ПЭЛШО 0,18. Дроссели *L2* и *L3* намотаны на резисторах МЛТ-0,5 сопротивлением 1 МОм проводом ПЭВ-1 0,1 виток к витку до заполнения каркасов резисторов. Переключатель *В1* — типа ПД2 (от комнатной телевизионной антенны). Трансформатор питания *Тр1* — от радиоприемника «Океан-205». Детали прибора смонтированы на четырех печатных платах размерами 95×50 мм (рис. 2), которые в два ряда укреплены в корпусе.

Генераторы импульсов с малым временем восстановления

Ю. Кальченко, А. Мацвейко

В генераторах импульсов с малым временем восстановления, о которых идет речь в этой статье, применены транзисторы одной структуры, что позволяет получать импульсы большой амплитуды, так как амплитуда импульсов примерно равна величине питающего напряжения, которое должно быть меньше или равно допустимому напряжению участка коллектор — эмиттер для используемых транзисторов. Кремниевые *n-p-n* транзисторы обладают значительно бо́льшим допустимым напряжением, чем транзисторы структуры *p-n-p*, отсюда ясно, что для получения импульсов большой амплитуды целесообразно использовать именно транзисторы структуры *n-p-n*. Рассматриваемые генераторы построены на базе транзисторных ключей с повышенной нагрузочной способностью и могут работать на емкостную нагрузку.

Транзисторный ключ с повышенной нагрузочной способностью, показанный на рис. 1, выполнен на транзисторах серии КТ605. В исходном состоянии устройства транзистор *Т2* закрыт, а транзистор *Т1* открыт. Емкостная нагрузка $C_н$, обозначенная на схеме штриховыми линиями, заряжена до напряжения $U_с \approx U_{пит}$. При подаче на вход управляющего сигнала транзистор *Т2* открывается и емкость $C_н$ быстро разряжается через малое сопротивление диода *Д1* и открытый транзистор *Т2*. В этот момент транзистор *Т1* закрывается. По окончании сигнала транзистор *Т2* закрывается, а транзистор *Т1* открывается. Теперь емкость $C_н$ заряжается через открытый транзистор *Т1*. Диод *Д1* исключает протекание сквозных токов через транзисторы, так как в момент разряда емкости $C_н$ падение напряжения на нем играет роль обратной связи, закрывающей транзистор *Т2*. Такое включение транзисторов позволяет при тех же коммутируемых токах повысить нагрузочную способность по сравнению с обычным транзисторным ключом.

Как показали наблюдения за работой рассматриваемого транзисторного ключа, можно получить довольно крутой фронт нарастания импульса при заряде емкостной нагрузки и значительно уменьшить силу тока, текущего через транзистор *Т2* при ее разряде. Ток разряда течет и через резистор *R1*, поскольку транзистор *Т1* в это время закрыт, и сопротивление этого резистора может быть существенно больше, чем сопротивление участка коллектор — эмиттер транзистора в обычном ключе.

На активной нагрузке формируемый импульс имеет амплитуду, равную примерно напряжению питания, так как на открытом транзисторе *Т1* падение напряжения значительно меньше, чем на сопротивлении в цепи коллектора обычного ключа. При указанных на схеме данных деталей устройство позволяет на емкостной нагрузке $C_н$ = 100 пФ формировать импульсы с амплитудой 250 В, длительностью 0,3 мкс, с фронтами 0,1 мкс и частотой повторения до 1 МГц.

Рис. 1. Принципиальная схема ключа на высоковольтных транзисторах

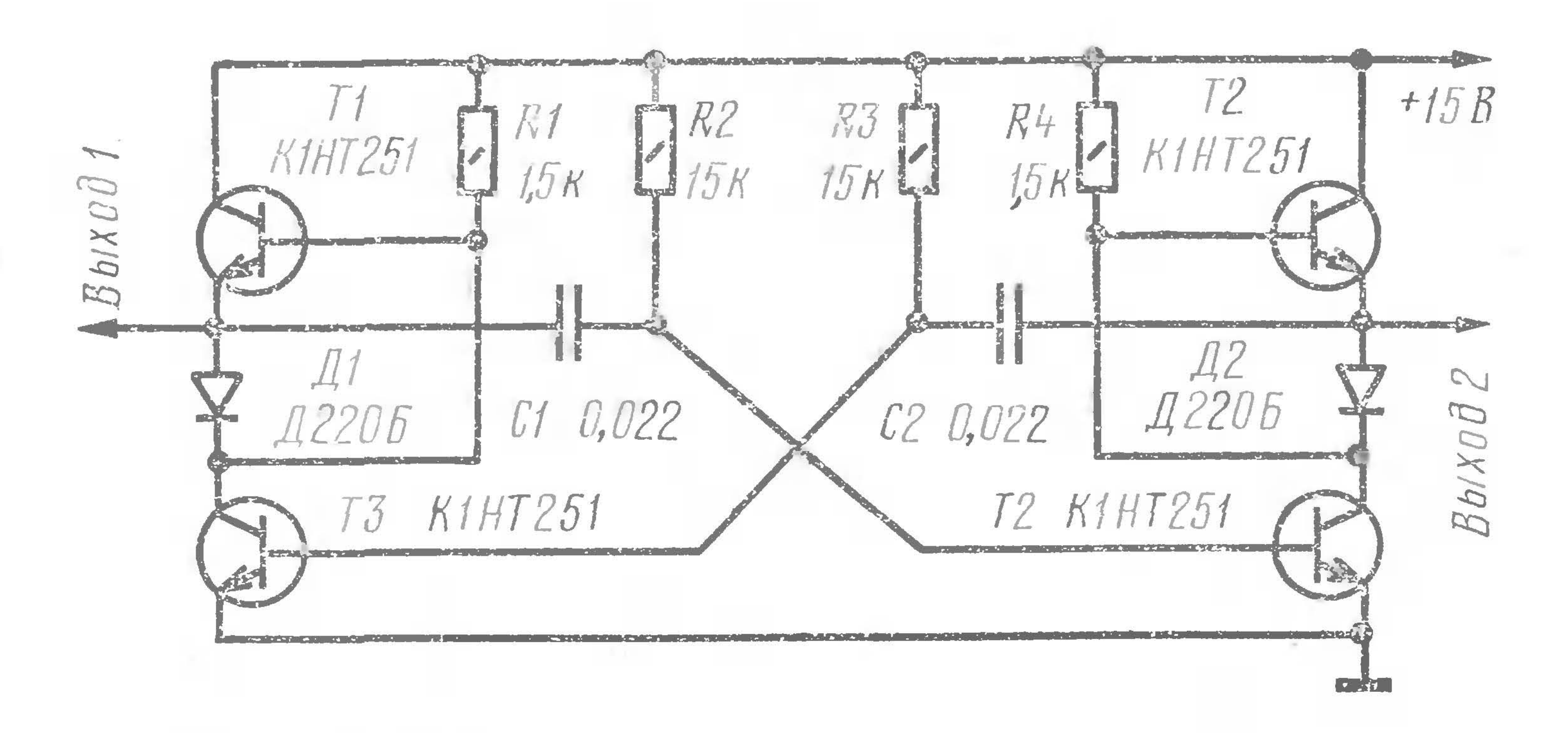


Рис. 2. Принципиальная схема симметричного мультивибратора с повышенной нагрузочной способностью

На рис. 2 приведена схема симметричного мультивибратора, каждое плечо которого состоит из транзисторного ключа с повышенной нагрузочной способностью. Такой мультивибратор позволяет формировать импульсы с короткими фронтами и способен работать на низкоомную и емкостную нагрузку. Расчет времязадающих цепей ничем не отличается от расчета обычного симметричного мультивибратора. При указанных на схеме номиналах резисторов и конденсаторов и использовании транзисторной сборки К1НТ251 частота повторения импульсов равна 1,6 кГц со скважностью $Q=2$, при этом фронты импульсов не превышают 0,12 мкс.

По такому же принципу был построен ждущий мультивибратор с эмиттерной связью (рис. 3). В нем транзистор *Т1* выполняет роль нагрузочного сопротивления в коллекторной цепи транзистора *Т3*. Такая замена приводит к тому, что в момент окончания формирования выходного импульса транзистор *Т1* открывается и конденсатор *С2* быстро заряжается через малое сопротивление этого транзистора, эмиттерный переход транзистора *Т4* и сравнительно малое сопротивление резистора *R7*. Время заряда конденсатора *С2* определяет время восстановления исходного состояния генератора, и в данном случае оно меньше, чем в обычном ждущем мультивибраторе. Использование в генераторе транзисторной сборки позволяет существенно улучшить его выходные параметры. Скважность импульсов, определяемая по формуле $Q = 1 + \frac{\tau_и}{\tau_{восст}}$, может достигать 20—30.

В генераторе по схеме, приведенной на рис. 3, в котором использовалась транзисторная сборка К1НТ251, были получены положительные импульсы длительностью 260 мкс. Время восстановления $\tau_{восст} = 12$ мкс. Максимальная скважность

$$Q = 1 + \frac{260}{12} = 23$$

Ждущий мультивибратор, собранный по схеме, приведенной на рис. 4, также обеспечивает большую скважность формируемых импульсов, устойчиво работает при частоте запускающих импульсов до 150 кГц. Он, кроме того, имеет повышенное входное и сравнительно небольшое выходное сопротивления.

В этом генераторе роль пускового элемента выполняет динистор *Д1*. В исходном состоянии транзистор *Т2* закрыт, транзистор *Т1* открыт. Конденсатор *С2* заряжен до напряжения источника питания. Это напряжение приложено к динистору, но оно выбрано меньшим, чем амплитуда пускового импульса для данного динистора и поэтому не возникает его лавинного пробоя. Включе-

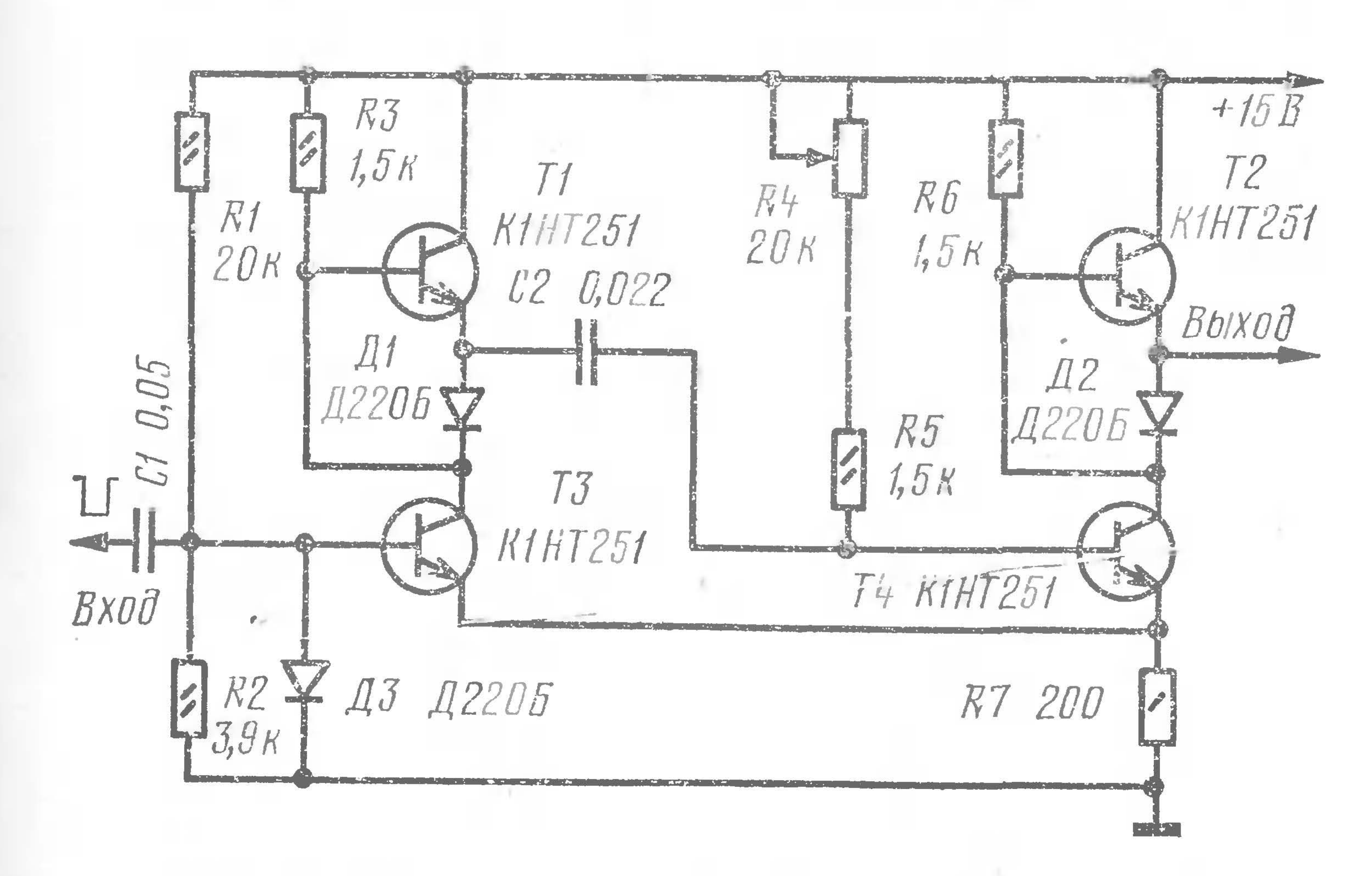


Рис. 3. Принципиальная схема ждущего мультивибратора с эмиттерной связью

ние динистора произойдет при подаче на его катод отрицательного запускающего импульса. При этом конден-

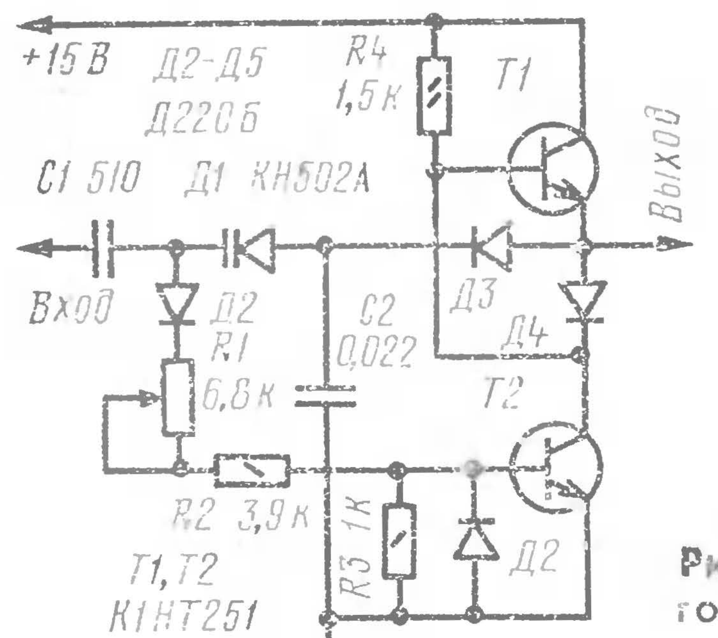


Рис. 4. Принципиальная схема ждущего мультивибратора, обеспечивающего большую скважность импульсов

сатор *С2* начнет разряжаться через открытые динистор и диод *Д2*, резисторы *R1*, *R2* и эмиттерный переход транзистора *Т2*. В результате транзистор *Т2* переходит в открытое состояние, а транзистор *Т1* в закрытое. Стадия формирования импульса заканчивается в тот момент, когда ток разряда конденсатора *С2* станет меньше тока выключения динистора. При этом динистор, а следовательно, и транзистор *Т2* закрываются, и через открывшийся транзистор *Т1* быстро заряжается конденсатор *С2* до исходного напряжения. На этом заканчивается стадия восстановления и начинается новый цикл.

Следует отметить, что при формировании импульса времязадающий конденсатор *С2* частично разряжается через входной конденсатор *С1* и источник запускающих импульсов. Поэтому емкость конденсатора *С1* выбирают намного меньше формирующей емкости, чтобы он не оказывал существенного влияния на выходной импульс. Длительность импульса можно плавно регулировать резистором *R1*. Диод *Д3* препятствует разряду конденсатора *С2* через транзистор *Т2*, а диод *Д5* предохраняет эмиттерный переход этого транзистора от больших обратных напряжений.

Такой генератор обеспечивал регулируемую длительность выходного импульса в пределах 6—60 мкс при максимальной частоте следования запускающих импульсов соответственно 15—150 кГц. Его входное сопротивление $R_{вх}$ = 10 кОм, а выходное $R_{вых}$ = 360 Ом.

«Нота-304» — стереоприставка

А. Чернов

Магнитофонная приставка «Нота» сравнительно недорогой и к тому же качественный аппарат для записи и воспроизведения звука через дополнительный усилитель НЧ. Конструкция «Ноты» простая, поэтому переделка ее в стереоприставку не представляет особых трудностей и может быть выполнена радиолюбителем средней квалификации. Настройку и регулировку приставки можно произвести достаточно точно в домашних условиях, имея только авометр.

Поскольку соединения отдельных узлов описываемой стереоприставки несколько изменены, целесообразно привести полную ее принципиальную схему (рис. 1) без блока питания.

Универсальный усилитель. Схемы универсальных усилителей обоих каналов одинаковы и не отличаются от принципиальной схемы «Ноты-304». В режиме стереозаписи (переключатель *В5* в положении *«Стерео»*) работают оба усилителя. С их выходов через резисторы *R45* и *R45'*, контакты *5—3*, *11—9* переключателя *В5* стереосигнал поступает на контакты *3* и *5* разъема *Ш1*. При установке переключателя *В5* в положение *«Моно»* сигналы с отдельных дорожек поступают на соответствующие усилители, коммутируются контактами *1—3—5* переключателя *В1* и идут на выход (3-й контакт разъема *Ш1*). При этом, когда работают дорожки *1—4*, выход усилителя дорожек *2—3* замыкается накоротко контактами *9—11* переключателя *В1* на корпус через контакты *15—17* переключателя *В5*, а когда работают дорожки *2—3*, выход усилителя дорожек *1—4* замыкается на корпус контактами *7—9* переключателя *В1* и контактами *15—17* переключателя *В5*. Так сделано потому, что оба усилителя работают постоянно и помеха от соседней дорожки не должна проникать на выход.

„Уровень записи"
R25 22к
УНЧ левого канала
C26 200,0×25В
R46 1,2к
−22В
К „−" С27
„−" БП
БД24Н
ГУ1
ГУ2
Ш2
Ш3
Ш1
В2
В2'
В5 „Стерео"
„Моно"
В1
R1 8,2к
R1' 8,2к
R45 47к
R45' 47к
„Громкость"
T5 МП41
T6 МП42Б
T7 МП25А
ИП1 М476
T1, T2 П27А
Д1, Д2 Д9Б

3*

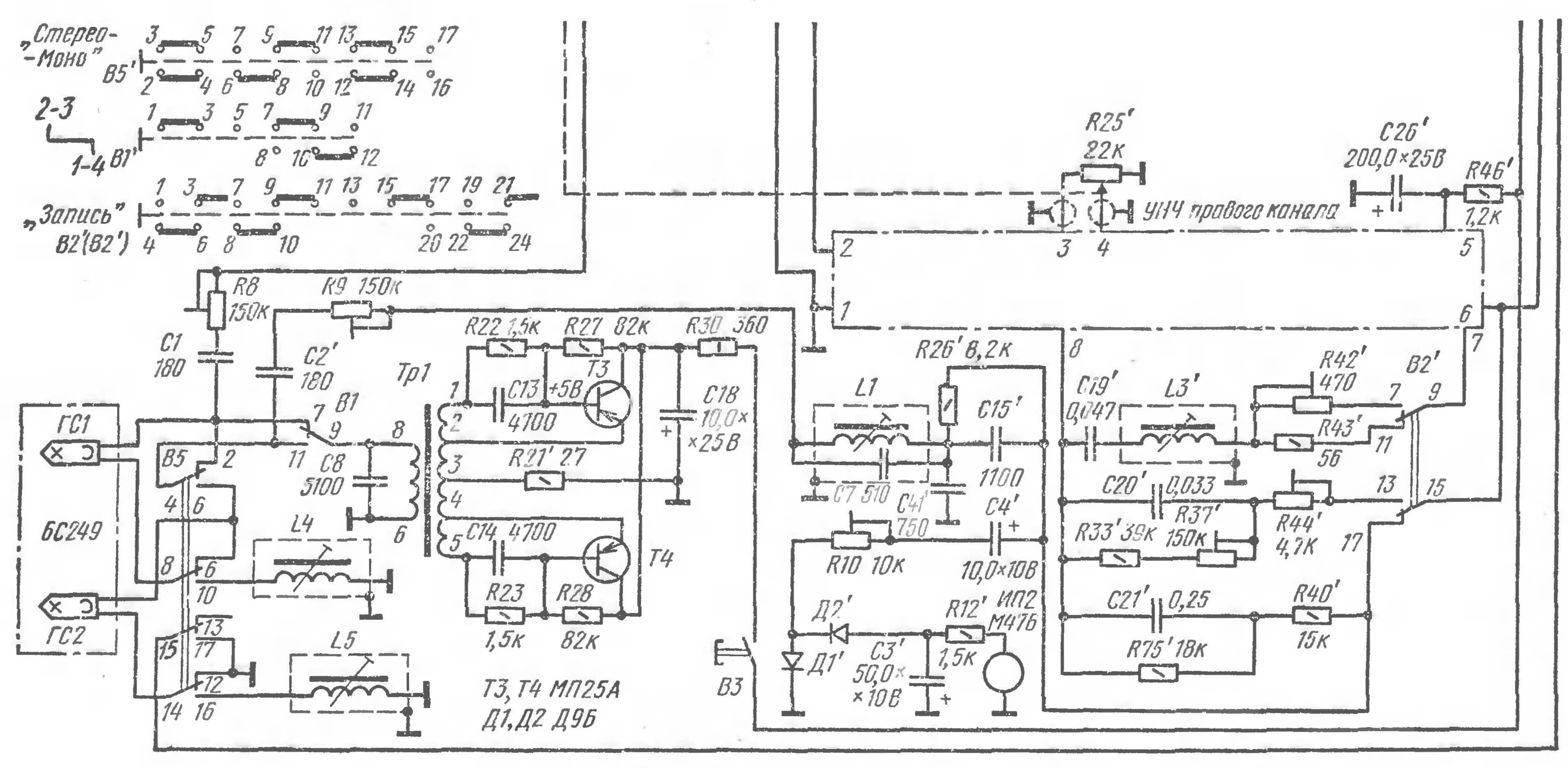


Рис. 1. Принципиальная схема приставки

В режиме стереозаписи оба усилителя через цепочки *L2C10C15R26C41* и *L1C7C15'R26'C41'* нагружены на соответствующие обмотки стереоголовок. При монозаписи, как и при воспроизведении, каждый усилитель работает на свои дорожки, а выход соседнего канала замыкается на корпус теми же контактами.

Входной делитель остается без изменений, только добавлены детали второго канала, подключенные, как показано на схеме рис. 1, к соответствующим гнездам. Гнезду *1* левого канала соответствует гнездо *4* правого, а гнезду *3* левого канала — гнездо *5* правого.

Генератор стирания и подмагничивания. Мощности генератора «Ноты-304» вполне хватает для работы в стереорежиме. При монофонической записи (переключатель *В5* в положении *«Моно»*) схема подключения головок к генератору остается прежней, т. е. последовательно с головкой *ГС1* включается катушка *L4*, а последовательно с головкой *ГС2* — катушка *L5*. Коммутация дорожек осуществляется переключением *В1* (контакты *7, 9, 11*). При стереозаписи головки *ГС1* и *ГС2* через контакты *6—8* переключателя *В5* включаются последовательно. Поскольку индуктивности головки и катушки почти одинаковы, режим работы генератора не меняется. Это обеспечивает одинаковые значения сил токов подмагничивания и стирания как при моно, так и при стереозаписи.

Конструкция, детали. Доработку приставки надо начинать с изготовления печатной платы второго универсального усилителя, чертеж которой приведен на рис. 2. Расположение деталей на ней полностью совпадает с монтажной схемой приставки. При наличии полевого транзистора КП103 можно изготовить простой милливольтметр, использовав вместо измерительной головки микроамперметр авометра (см. «Радио», 1971, № 11, с. 60). Он значительно облегчит налаживание и улучшит качество настройки приставки.

Необходимо изготовить катушку *L3'*. Ее данные: сердечник М600НН-3СС2,8×14, чашка М600НН210-4-8,6×4, 380 витков провода ПЭВ-1 0,06. Настроить эту катушку можно так: осторожно выпаять из платы приставки катушку *L3* и, поочередно вставляя в освободившиеся гнезда обе катушки и воспроизводя запись сигна-

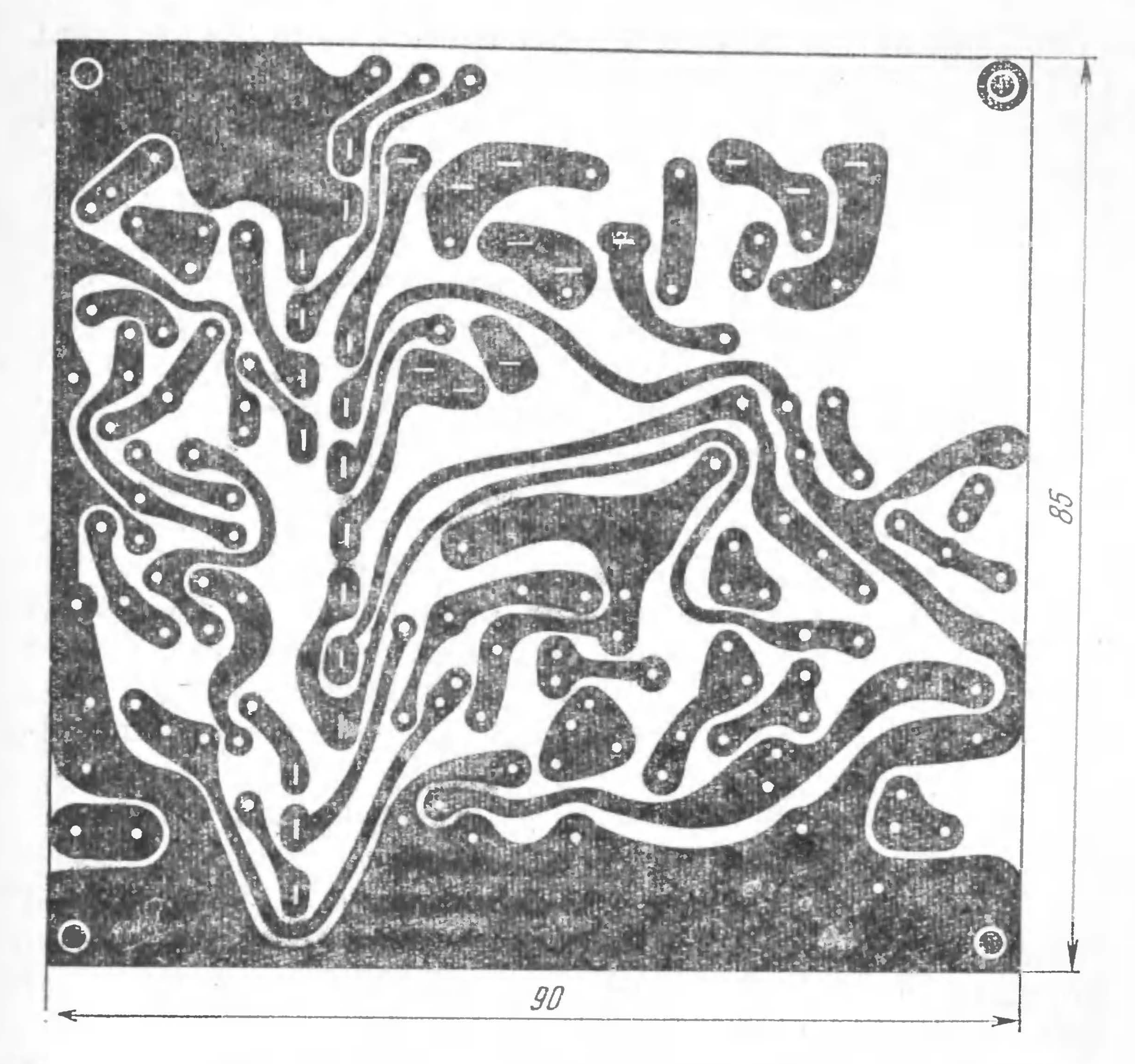


Рис. 2. Печатная плата второго канала усилителя

ла частотой 12—14 кГц, подстроить сердечником катушку *L3'* относительно катушки *L3* по одинаковому уровню звучания. Это можно сделать, воспроизводя просто шум новой пленки, но здесь требуется острый слух. При наличии милливольтметра его подключают к линейному выходу (контакт *5* переключателя *В5*) и измеряют уровень воспроизведения сигнала частотой 14 кГц при включенной катушке *L3*. Затем, вставив на ее место катушку *L3'*, ее подстроечным сердечником добиваются такого же уровня сигнала на выходе.

Необходимо осторожно выпаять все транзисторы усилителя «Ноты», измерить их статистические коэффициенты передачи тока $h_{21э}$ и подобрать для второго канала соответствующие им транзисторы с возможно близкими значениями этого параметра. Транзистор *Т2* лучше заменить на П27А или использовать транзисторы

серий П27, П28, ГТ322, КТ104 с любыми буквенными индексами. Можно также использовать транзисторы МП39Б, но это менее желательно, так как они несколько увеличат уровень шумов.

Резисторы типа МЛТ-0,25 (УЛМ, МЛТ-0,125) с отклонениями от номиналов, указанных на принципиальной схеме, не более ±5%. Электролитические конденсаторы типа К50-6, К50-9.

Провода, идущие от головок к переключателю *В1* (по схеме приставки), нужно отпаять и подключить их непосредственно к контактам переключателей *В2* и *В2'*. Контакты *1* и *2* головки *ГУ1* должны соединяться с контактами *1* и *6* переключателя *В2*, а контакты *3* и *4* головки *ГУ2* — с контактами *1* и *6* переключателя *В2'*. Левому каналу соответствует верхняя половина стереоголовки (контакты *1, 2*), усилитель самой приставки и контакты *1* и *3* разъемов *Ш1* — *Ш3*.

Необходимо аккуратно разрезать и укоротить насколько возможно все проводники печатной платы приставки, идущие к переключателю *В1*, кроме контактов *7, 9* и *11* коммутации стирающих головок. При этом переключатель будет использоваться при коммутации выходов усилителей. Такой монтаж цепей коммутации достаточно прост и дает меньший уровень фона на выходе по сравнению с промышленным.

Питание обоих усилителей осуществляется от общего выпрямителя через резисторы *R46* и *R46'*. При подключении усилителя второго канала общее напряжение несколько понижается, но это практически не сказывается на качестве работы стереоприставки.

Вместо переменных резисторов *R25* и *R45* (по схеме «Ноты-304») нужно установить сдвоенные резисторы тех же номиналов (*R25, R25'* и *R45, R45'* по схеме стереоприставки).

Индикаторы *ИП1* и *ИП2* включены непосредственно в каждый канал через соответствующие им резисторы *R10* или *R11*. Один из индикаторов переставляют на самодельную плату. Фильтр *L1C7* остается на прежнем месте, но его контакты надо подрезать и соединить со второй платой экранированным двухжильным проводом. В разных моделях «Ноты-304» индикаторы могут быть типа М4283 или М476-3. Если используется индикатор М476-3 с прямоугольной шкалой, то необходимо добавить

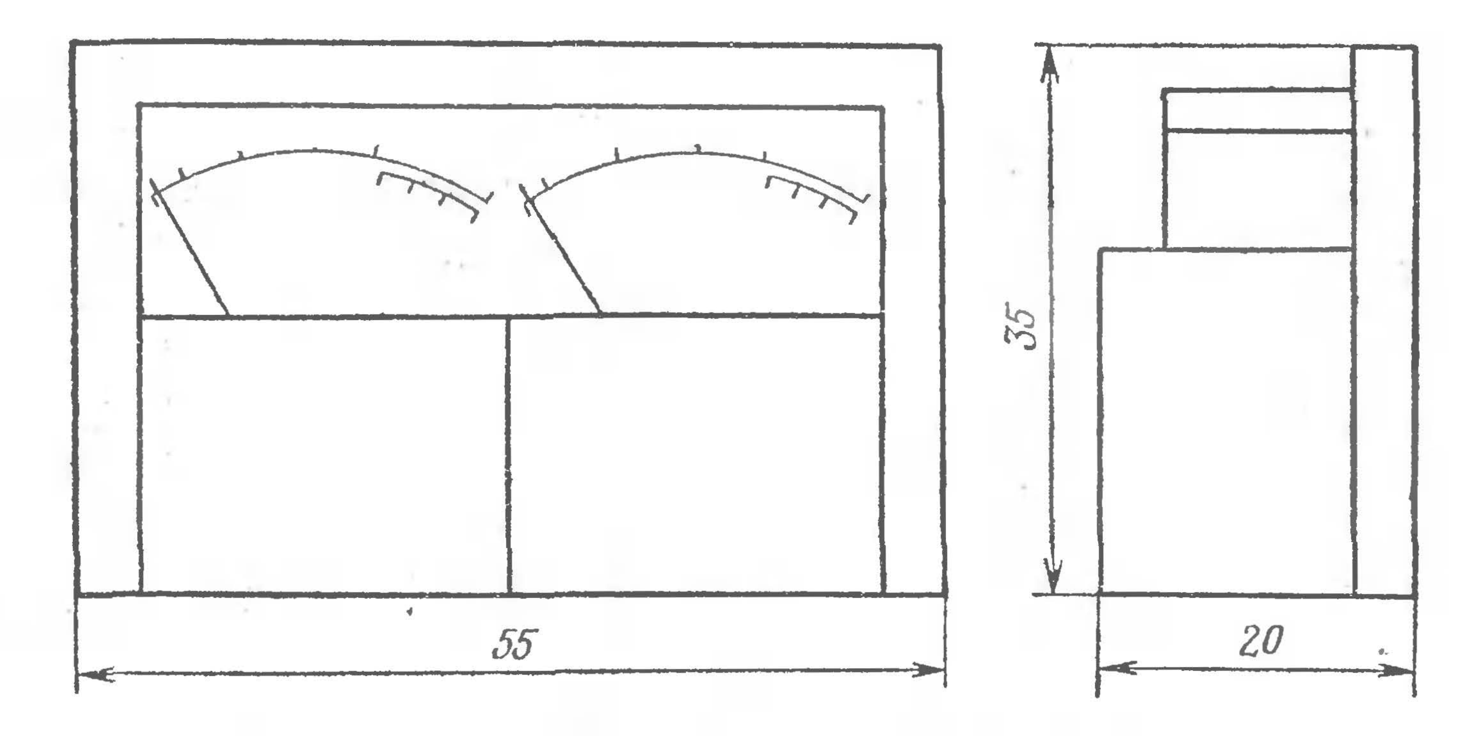


Рис. 3. Установка индикаторов уровня записи

еще один такой же индикатор, и переделать их для работы в горизонтальном положении шкалы: выпрямить и подрезать стрелки, изготовить секторные шкалы, а корпусы склеить вместе дихлорэтаном (рис. 3). Индикаторы установлены в средней части передней фальшпанели приставки. Индикаторы типа М4283 подходят без переделки.

Переключатель *В5 «Моно-стерео»* установлен на место бывшего индикатора уровня записи. Это доработанный движковый переключатель диапазонов от приемника «Сокол»: ножевые контакты переставлены в соответствии со схемой переключателя *В5*. С помощью дюралюминиевого кронштейна (рис. 4, *а*) он прикреплен к панели (рис. 4, *б*). Декоративная ручка — от рычага перемотки магнитолы «Романтика-103».

При перепайке входных проводников необходимо снять печатную плату, в свободные отверстия гнезд вставить контактные лепестки и распаять навесным монтажом все детали в соответствии с принципиальной схемой стереоприставки (см. рис. 1). Все соединения выполнять экранированным проводом, причем экран не должен соединяться с корпусом и использоваться в качестве «земляного» провода. Для этого внутри экранирующей оплетки предусмотрен второй провод, который соединяется с экраном у одной из плат. Соединение экранов с корпусной шиной осуществлять в месте подпайки провода к плате. Невыполнение этих правил приведет к повышению уровня фона на выходе.

Плату усилителя второго канала укрепляют на основной плате четырьмя винтами М3 длиной 40 мм со стороны корпуса. Между платами помещают изолирующий экран, изготовленный из медной фольги.

Рычаг записи дорабатывают в соответствии с рис. 5. Он должен одновременно управлять переключателями обеих плат. После установки платы необходимо проверить, не касаются ли детали корпуса или рычага записи. Регулировкой положения винта *3* относительно рычага *1* добиваются одновременной и четкой работы переключателей обоих каналов.

Настройка усилителя второго канала заключается в проверке напряжений в контрольных точках и в установке движков резисторов *R42'*, *R44'* и *R37'* в то же положение, что и на плате фирменной приставки. Даже при таком простейшем методе настройки приставка обеспечивает хорошее качество звучания магнитофильмов, так как при исправных деталях все режимы транзисторов устанавливаются автоматически.

Если имеется милливольтметр, то желательно проверить установку силы тока подмагничивания в стереорежиме. Для этого измеряют силу тока подмагничивания в режиме *«Моно»*, а затем, переключив приставку на режим *«Стерео»*, резисторами *R8* и *R9* добиваются того же значения этой силы тока для соответствующих головок. Далее, переключив приставку на режим *«Моно»*, устанавливают такую же силу тока подстроечными сер-

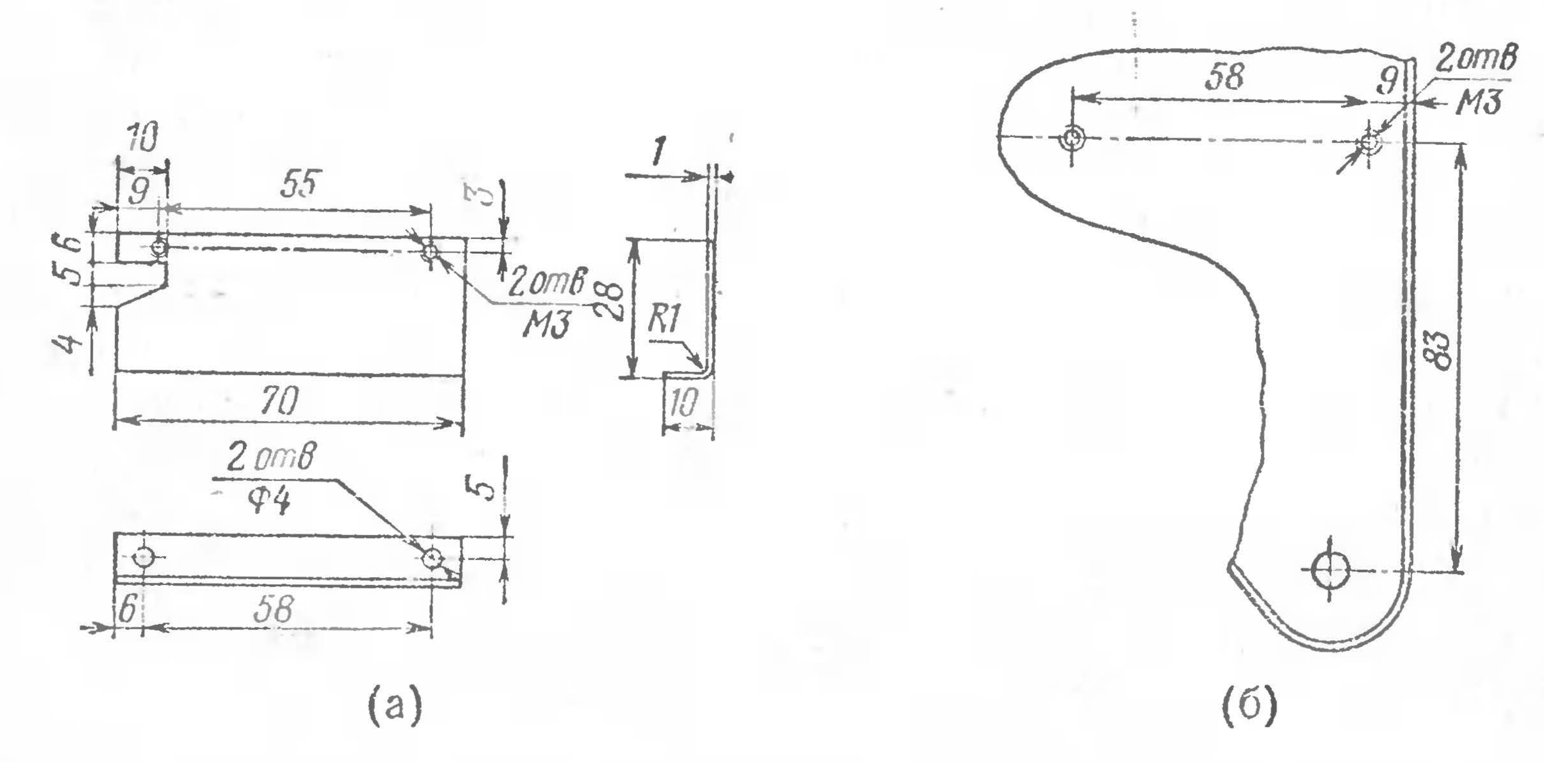


Рис. 4. Кронштейн *(а)* переключателя «Моно-стерео» и панель *(б)*, на которой его крепят

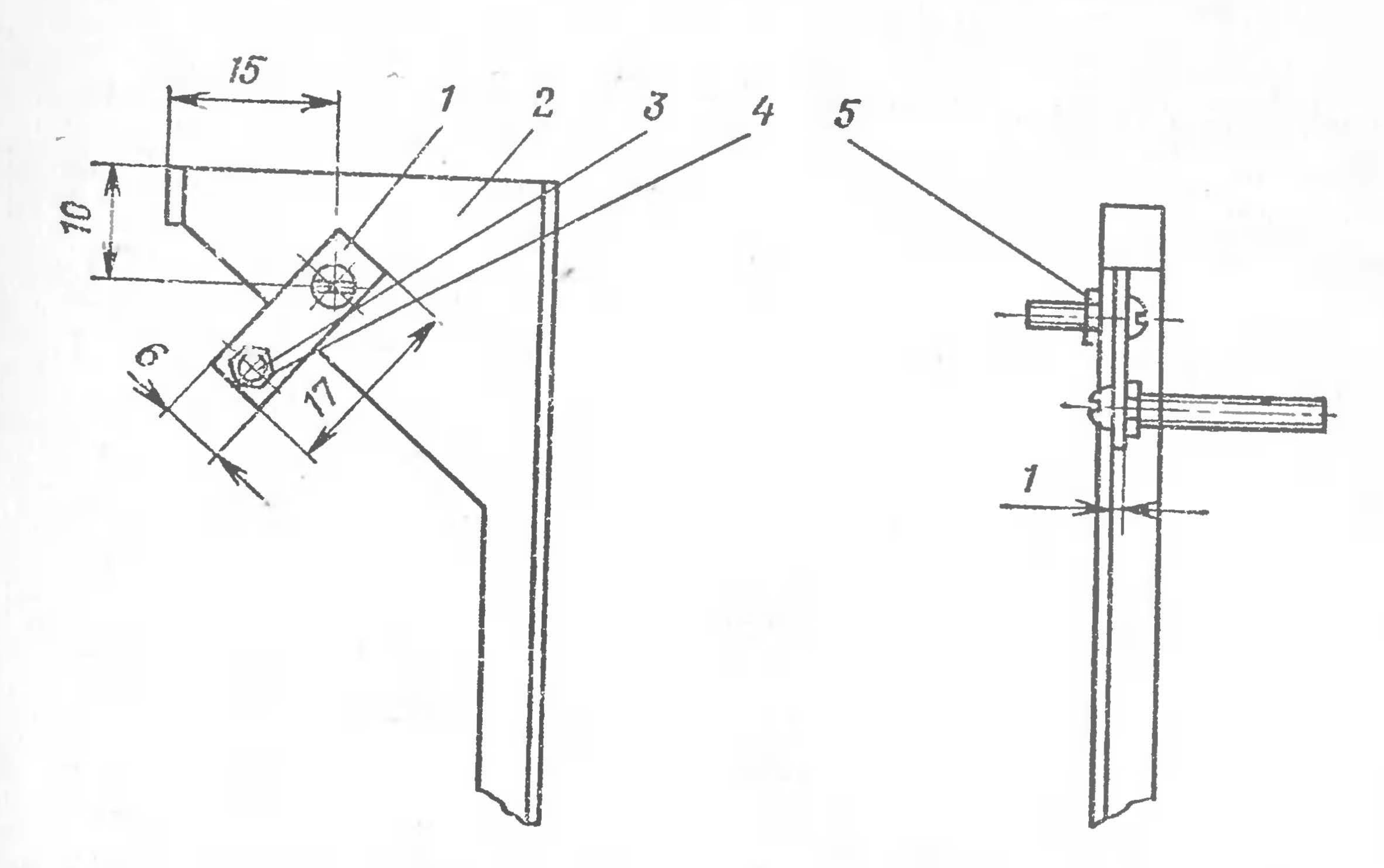


Рис. 5. Доработка рычага записи: *1* — рычаг; *2* — кронштейн: *3* — винт М3×8; *4* и *5* — гайка М3

дечниками катушек *L4* и *L5*. Для измерения силы тока подмагничивания необходимо включить в разрыв «земляного» провода проволочный резистор сопротивлением 10 Ом, а параллельно ему — милливольтметр.

Время, необходимое для подготовки к работе, составляет доли секунды, а использование сдвоенных переменных резисторов требует введения отдельного выключателя сети, в качестве которого можно использовать микрокнопку, имеющуюся в приставке для замыкания выхода усилителя в режиме перемоток. Для этого контакты микрокнопки надо включить в разрыв сетевого провода, предварительно отвинтив ее кронштейн и отпилив от него фиксирующую лапку, входящую в отверстие панели. Затем установить кронштейн на место, повернуть его на небольшой угол против хода часовой стрелки и передвижением относительно винта, крепящего его к панели, добиться срабатывания кнопки при нажатии на нее широкого рычага, расположенного справа от гибкой ленточной пружины. Этот рычаг будет включать микрокнопку при нажатии любой клавиши переключателя рода работ, кроме клавиши *«Запись»*.

Усилитель звуковой частоты с повышенным демпфирующим свойством

Г. Крылов

Предлагаемый усилитель является улучшенным вариантом простого стереоусилителя, описанного в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. № 61, с. 31—35. Как показали испытания, он отличается достаточно высокой надежностью работы и обеспечивает передачу звукового сигнала с очень малыми искажениями и эффективное успокоение подвижной системы головки громкоговорителя.

Известно, что вещательный сигнал представляет собой последовательность импульсов (давления, напряжения) различной формы, амплитуды и полярности. Каждый электрический импульс звуковой программы выводит диффузор динамической головки из положения равновесия, чем вызывает его затухающие колебания на частоте механического резонанса. Следовательно, преобразование головкой громкоговорителя электрического сигнала в акустический сопровождается специфическими искажениями из-за наложения на звуковую программу собственных колебаний диффузора. На практике это приводит в основном к нечеткому воспроизведению ударных звуков.

Для ускорения затухания собственных колебаний диффузора динамической головки и уменьшения тем самым искажений сигнала необходимо дополнительное рассеивание колебательной энергии диффузора — демпфирование. Причем это должно осуществляться не за счет увеличения потерь на излучение (энергия собственных колебаний диффузора вообще не должна излучаться), а за счет преобразования колебательной энергии в тепловую. Механизм преобразования энергии собственных колебаний диффузора в тепло присутствует в неявном виде в каждой системе усилитель — головка громкоговорителя, и задача состоит в том, чтобы заставить его работать с достаточной эффективностью.

Суть этого явления состоит в следующем. Известно, что при движении в поперечном магнитном поле замкнутого контура на него действует тормозящая сила, пропорциональная наведенному в нем току. Механическая энергия при этом переходит в тепловую, и контур нагревается. Звуковая катушка динамической головки, находящаяся в магнитном поле зазора, как раз и представляет собой такой контур, замкнутый на выходное сопротивление усилителя.

При колебаниях диффузора в механически связанной с ним звуковой катушке наводится ЭДС, мгновенное значение которой (в вольтах) равно

$$e = Blv,$$

где B — индукция в зазоре магнитной системы головки, Тл;
l — длина провода звуковой катушки, м;
v — мгновенное значение скорости звуковой катушки головки, м/с.

Так как контур замкнут, то в нем наводится ток, мгновенное значение силы которого (в амперах) определяется по формуле

$$i = \frac{e}{R_{к} + R_{вых}} = \frac{Blv}{R_{к} + R_{вых}},$$

где $R_{к}$ — сопротивление звуковой катушки, Ом;
$R_{вых}$ — выходное сопротивление усилителя, Ом.

Так как мгновенное значение тормозящей силы пропорционально мгновенному значению силы наведенного тока ($f = Bli$, где f — сила в ньютонах), то с точки зрения ускорения успокоения диффузора головки представляет интерес способ увеличения отношения мгновенного значения наведенной в звуковой катушке силы тока к мгновенному значению ее скорости, что достигается уменьшением выходного сопротивления усилителя. Следует, однако, заметить, что если при уменьшении выходного сопротивления усилителя достигнуто соотношение $R_{вых} = 0{,}1R_{к}$, то дальнейшее его уменьшение может дать в пределе увеличение силы тока переходного процесса только на 10% и поэтому практически нецелесообразно (сила наведенного в этом случае тока ограничивается в основном сопротивлением звуковой катушки головки).

Из изложенного можно сделать два вывода: демпфирование определяется не абсолютным значением выходного сопротивления усилителя, а отношением сопротивления звуковой катушки головки к выходному

сопротивлению усилителя; добиваться соотношения $R_{вых} < 0,1 \ R_к$ нецелесообразно. Соотношения $R_{вых} = R_к$ добиться нетрудно, однако демфирование при этом получается все же недостаточным.

Поскольку тормозящая сила, действующая на звуковую катушку головки, пропорциональна силе наведенного в ней тока, то для резкого увеличения скорости затухания собственных колебаний диффузора необходим какой-то искусственный (неочевидный) прием, который заключается в применении в усилителе комбинированной обратной связи: положительной по току в нагрузке и отрицательной по напряжению на нагрузке. В описываемом усилителе он реализован достаточно просто, а эффект получился значительным.

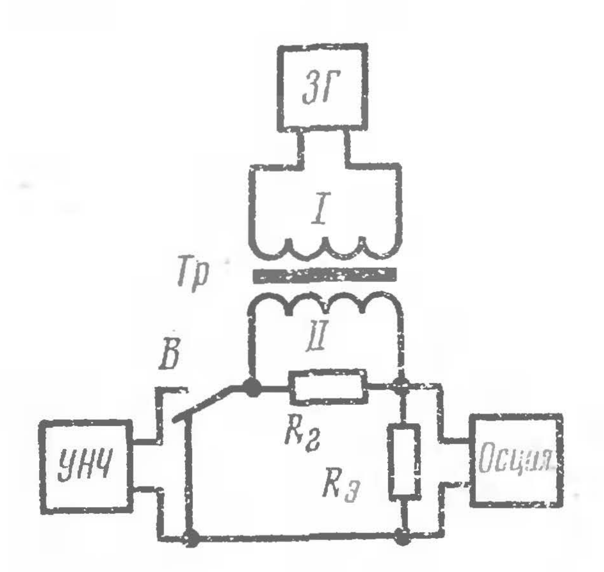


Рис. 1. Схема оценки демпфирующего свойства усилителя

Объективная оценка демпфирующего свойства усилителя производилась по схеме, показанной на рис. 1. Здесь резистор $R_э$ — эквивалент сопротивления постоянному току звуковой катушки динамической головки. Генератор колебаний звуковой частоты вместе с разделительно-понижающим трансформатором *Тр* и резистором $R_г$ ($R_г \ll R_э$) имитировал мгновенное значение ЭДС переходного процесса. Сила тока в контуре измерялась с помощью осциллографа по падению напряжения на резисторе $R_э$.

В исходном положении переключателя *В* осциллограф фиксировал ток, эквивалентный мгновенному значению тока, наведенного в звуковой катушке головки после подачи на нее импульсного напряжения от усилителя с нулевым выходным сопротивлением (звуковая катушка замкнута накоротко). Затем переключатель переводился во второе положение и измерялось новое значение силы тока, которое оказалось значительно больше первого. Очевидно, что отношение этих сил токов характеризует качество усилителя с точки зрения демпфирования. Назовем это отношение коэффициентом демпфирования $K_д$. Усилитель с нулевым выходным сопротивлением в этом случае является эталонным. Для него $K_д = 1$. Очевидно, что для обычного усилителя НЧ $K_д < 1$.

Номинальная выходная мощность каждого канала описываемого усилителя на частоте 1000 Гц составляет 8 Вт при коэффициенте гармоник менее 1%, максимальная — 12 Вт. Чувствительность 0,22 В. Полоса пропускания при номинальной мощности и неравномерности ±1 дБ от 20 до 30 000 Гц. Уровень фона —66 дБ. Коэффициент демпфирования 3. Эффективность регулировки тембра не менее ±12 дБ, регулировки стереобаланса не менее 9 дБ. Сопротивление нагрузки 8 Ом (громкоговорители 10МАС-1М).

Ввиду идентичности каналов усилителя рассмотрим работу одного из них — левого (рис. 2). Через входной разъем *Ш1*, регулятор громкости *R1* и конденсатор *C1* сигнал звуковой частоты поступает на затвор полевого транзистора *T1*, включенного по схеме истокового повторителя. Этот каскад, обладающий большим входным сопротивлением во всем диапазоне звуковых частот, обеспечивает передачу сигнала с весьма малыми искажениями.

Регулировка стереобаланса осуществляется делителем напряжения сигнала, образованным постоянными резисторами *R4*, *R5* и переменным резистором *R6*. С него сигнал поступает на узел регулировки тембра. Резистором *R8* регулируют уровни низших, а резистором *R11* — высших звуковых частот. Второй каскад на полевом транзисторе *T2* усиливает напряжение сигнала в несколько раз и в то же время оказывает достаточно большое сопротивление узлу регулировки тембра.

Далее сигнал поступает на вход трехкаскадного усилителя мощности (транзисторы *T3—T6*), охваченного двумя петлями обратной связи. Использование в предоконечном каскаде сверхвысокочастотного транзистора КТ904А способствует получению очень малого времени задержки сигнала. Действие отрицательной обратной связи в этом случае достаточно эффективно, и, кроме того, обеспечивается хорошая проходная динамическая

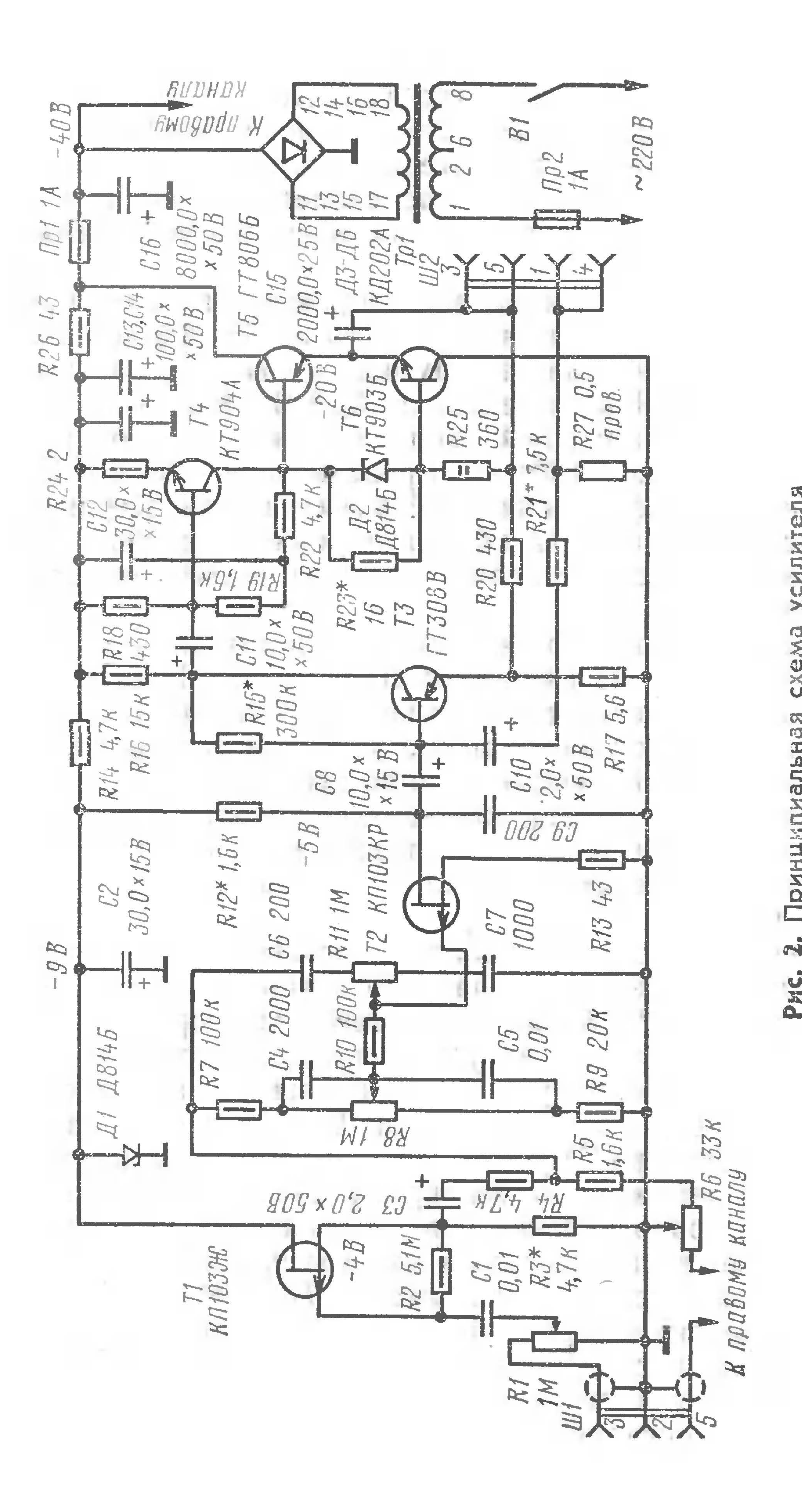


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя

характеристика усилителя. Конденсатор *С9* предотвращает самовозбуждение усилителя на ультразвуковой частоте.

Сигнал положительной обратной связи по току в нагрузке снимается с резистора *R27* и через резистор *R21* и конденсатор *С10* подается на базу транзистора *Т3*. Сигнал отрицательной обратной связи по напряжению на нагрузке, снимаемый с выхода усилителя, подается на эмиттер этого же транзистора через резистор *R20*.

Стабилитрон *Д2* и шунтирующий его резистор *R23* обеспечивают необходимое напряжение между базами выходных транзисторов 0,7В. Являясь термочувствительным элементом, стабилитрон *Д2* стабилизирует ток покоя выходных транзисторов, с радиаторами которых он имеет жесткий тепловой контакт. А как нелинейный элемент он стабилизирует напряжения смещения при изменении напряжения сети.

Стабилитрон *Д1* и резистор *R14* образуют параметрический стабилизатор напряжения питания транзисторов *Т1* и *Т2*, резистор *R26* и конденсаторы *С13* и *С14* — ячейку развязывающего фильтра.

Ввиду ограничения базовых токов выходных транзисторов (резистором *R25* и транзистором *Т4*) и наличия предохранителей в цепях питания каждого канала усилитель выдерживает кратковременные короткие замыкания в нагрузке. Так как питающее напряжение существенно меньше допустимого напряжения на выходных транзисторах, то работа усилителя без подключенной нагрузки не вызывает опасений.

Блок питания состоит из понижающего трансформатор *Тр1*, двухполупериодного выпрямителя на диодах КД202А, включенных по мостовой схеме, и конденсатора *С16* (составлен из четырех конденсаторов емкостью по 2000 мкФ), сглаживающего пульсации выпрямленного напряжения.

Каждый канал усилителя смонтирован на отдельной гетинаксовой плате размерами 186×90 и толщиной 1,5 мм. Опорными точками монтажа служат пустотелые заклепки. Соединения выполнены голым посеребренным проводом диаметром 0,5 мм. Транзисторы КТ904А, ГТ806Б и КТ903Б снабжены радиаторами, выточенными из дюралюминия. Чертеж радиатора транзистора

КТ904А показан на рис. 3 (чертеж радиаторов транзисторов выходного каскада см. в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. № 61, с. 34, рис. 6)

Трансформатор питания, диоды выпрямителя смонтированы на текстолитовой плате размерами 85×18 мм, конденсаторы фильтра размещены на панели размерами 186×58 мм из дюралюминия толщиной 2 мм.

Все постоянные резисторы, кроме *R27*, типа МЛТ, МОН переменные — СПЗ-12а и СПЗ-12г (или СП-I и СП-III), конденсаторы — КЛС и К50-6. Проволочный резистор *R27* — 8 витков манганинового провода диаметром

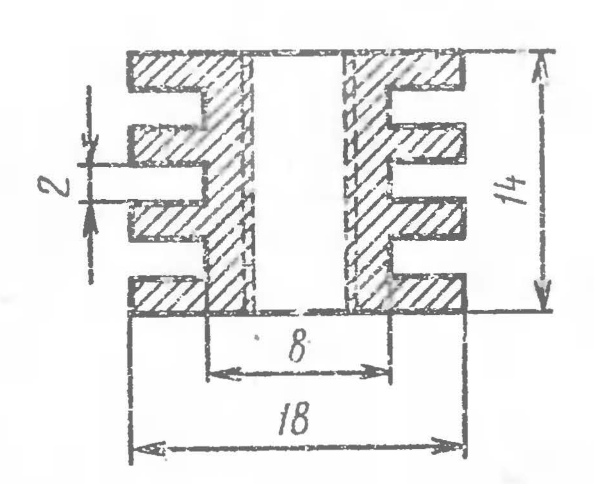


Рис. 3. Чертеж радиатора транзистора КТ904А

0,4 мм, намотанных на корпусе резистора ВС-0,25. Входной и выходные разъемы типа СГ-5, держатель предохранителя — ДПБ, выключатель питания — МТ-1.

Трансформатор питания может быть типа ТА88-127/220-50, ТА89-127/220-50 или самодельный. Данные самодельного трансформатора: магнитопровод ШЛ20×25, сетевая обмотка — 1400 витков провода ПЭВ-2 0,44, понижающая — 200 витков провода ПЭВ-2 0,93.

Полевые транзисторы КП103КР можно заменить на КП103К. Но их надо подобрать попарно по токам стока (затвор соединен с истоком, напряжение сток — исток равно 10 В), которые не должны отличаться более чем на 20%. Вместо транзисторов КТ903Б можно использовать транзисторы КТ805А, КТ805Б, КТ908 и КТ902А, которые должны быть отобраны по схеме, показанной на рис. 4. Транзисторы ГТ806Б могут быть заменены транзисторами ГТ806 этой же серии с другими буквенными индексами.

В выпрямителе могут работать диоды КД202 с буквенными индексами В, Д, Ж, К, М, Р. Стабилитроны *Д1* и *Д2* — серии КС133А — КС168А и Д814А — Д814Д.

Желательно, чтобы они были с возможно меньшим прямым сопротивлением.

При повторении конструкции следует иметь в виду, что уменьшение емкости конденсатора *С10* приводит к снижению коэффициента демпфирования, а увеличение ее до 5 мкФ может привести к самовозбуждению усилителя по низкой частоте. Для снижения уровня фона

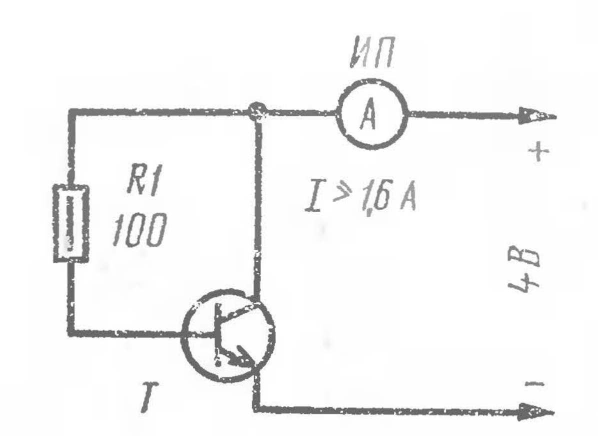


Рис. 4. Схема подбора транзисторов по току

переменного тока емкости конденсаторов *С13* и *С14* целесообразно увеличить до 200 мкФ.

Корпус усилителя размерами 290×190×78 мм выполнен из шести пластин листового дюралюминия толщиной 2 мм, скрепленных в единую конструкцию с помощью восьми дюралюминиевых стяжек квадратного сечения. На лицевой панели находятся выключатель питания и переменные резисторы регулировки баланса, громкости и тембра звука, на задней — гнездовые части входного и выходных разъемов, держатель предохранителя. Верхняя и нижняя стенки имеют вентиляционные отверстия.

Налаживание усилителя заключается в установлении указанных на схеме режимов транзисторов при подключенной нагрузке.

Псевдоквадрафонический усилитель

В. Львов

Усилитель предназначен для воспроизведения стереофонических и монофонических звуковых программ различных источников: звукоснимателя, микрофона, магнитофона, радиоприемника. Благодаря специальным решениям при разработке принципиальной схемы

обеспечивается высококачественное воспроизведение даже при самых малых уровнях громкости. Отличительные особенности усилителя — простота конструкции, легкость настройки и возможность использования транзисторов различных серий без каких-либо дополнительных изменений и регулировок.

Оперативное подключение к различным источникам сигнала звуковой частоты, одновременное изменение частотной характеристики и чувствительности обеспечиваются кнопочным переключателем. Выход усилителя, предназначенный для включения головных стереофонических телефонов, дает возможность использовать темброблок усилителя (при записи или перезаписи) для корректировки частотной характеристики во всем диапазоне звуковых частот.

Это позволит любителям музыки реставрировать ценные звуковые программы.

Технические данные

Номинальная выходная мощность каждого из основных каналов усилителя при коэффициенте гармоник 1% . .	не менее 20 Вт
Номинальная выходная мощность каждого из дополнительных двух каналов	не менее 40 Вт
Рабочая полоса частот при неравномерности частотной характеристики, не превышающей 3 дБ	20—25 000 Гц
Чувствительность по входу:	
«Звукосниматель»	3 мВ
«Микрофон»	3 мВ
«Магнитофон»	200 мВ
«Радиоприемник»	25 мВ
Диапазон раздельной регулировки тембра на частотах 40, 160 Гц 3, 10 и 18 кГц	+ 20 дБ
Максимальное влияние одной полосы тембра на другую	не более 3 дБ
Пределы регулирования стереобаланса в каждом канале	не менее 20 дБ
Рассогласование частотных характеристик стереофонических каналов . .	не более 2 дБ
Переходное затухание между стереофоническими каналами при разнесенных акустических системах в рабочем диапазоне частот	не хуже 40 дБ
Отношение сигнал/шум	не менее 55 дБ

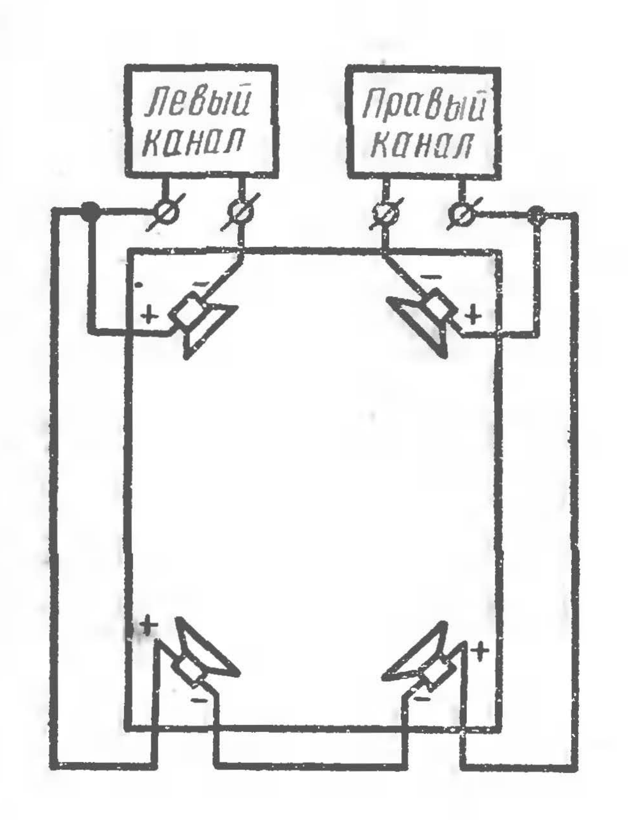


Рис. 1. Принцип объемного стереофонического звучания

Питание усилителя осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В; мощность, потребляемая от сети, не более 100 Вт. Размеры усилителя 125×310×375 мм, масса 6 кг.

Принцип работы. Многоканальный метод записи и воспроизведения звука применяется сравнительно давно. Но только в последние годы, благодаря достижениям в области акустики, двухканальная стереофония стала доступной широкому кругу любителей качественного звуковоспроизведения и все шире стала входить в наш быт.

Основная цель, поставленная при разработке описываемого усилителя,— повышение качества двухканальной стереоаппаратуры введением объемного звучания, присущего четырехканальному звуковоспроизведению — квадрафонии. Схема возможного варианта получения объемного стереофонического звучания изображена на рис. 1. Такое включение и расположение акустических систем показало как хороший стереоэффект, так и субъективное восприятие объемного звучания, ощущаемое почти до задних тыловых акустических систем.

Схема включения тыловых акустических систем приведена на рис. 2. В результате эксперимента выявлено, что наилучшее звуковоспроизведение получается в том случае, если в правую тыловую систему подается звуковой сигнал, пропорциональный разности сигналов правого и левого фронтальных каналов (*А—В*), а в левую — разностный левого и правого фронтальных

каналов (*В—А*). Сопротивления резисторов *R2, R3* зависят от сопротивлений тыловых громкоговорителей и ограничивают их мощность. Введение резистора *R1* добавляет к разностным сигналам «*А—В*», «*В—А*» сигнал соответственно правого или левого каналов. Его сопротивление подбирают субъективно в зависимости от помещения. Если нет четырех одинаковых акустических систем, в качестве тыловых можно использовать громкоговорители без низкочастотных динамических головок. Но в их цепь необходимо включить разделительный конденсатор (частота разделения 1000 Гц).

Принципиальная схема правого канала усилителя с псевдоквадрафонической приставкой показана на рис. 3, левый канал идентичен правому. Входные цепи и блок питания общие для обоих каналов. Усилительный тракт состоит из усилителя-корректора, тембрового каскада, предварительного усилителя, усилителя мощности и псевдоквадрафонической приставки.

Сигнал звуковой частоты, например, от звукоснимателя (разъем *Ш1*) через секцию *а* переключателя *В1* поступает на вход усилителя-корректора, собранного на транзисторах *Т1* и *Т2* серий КТ104А-Г или МП27, обеспечивающего хорошее отношение сигнал/шум. Связь между транзисторами непосредственная. Одновременно

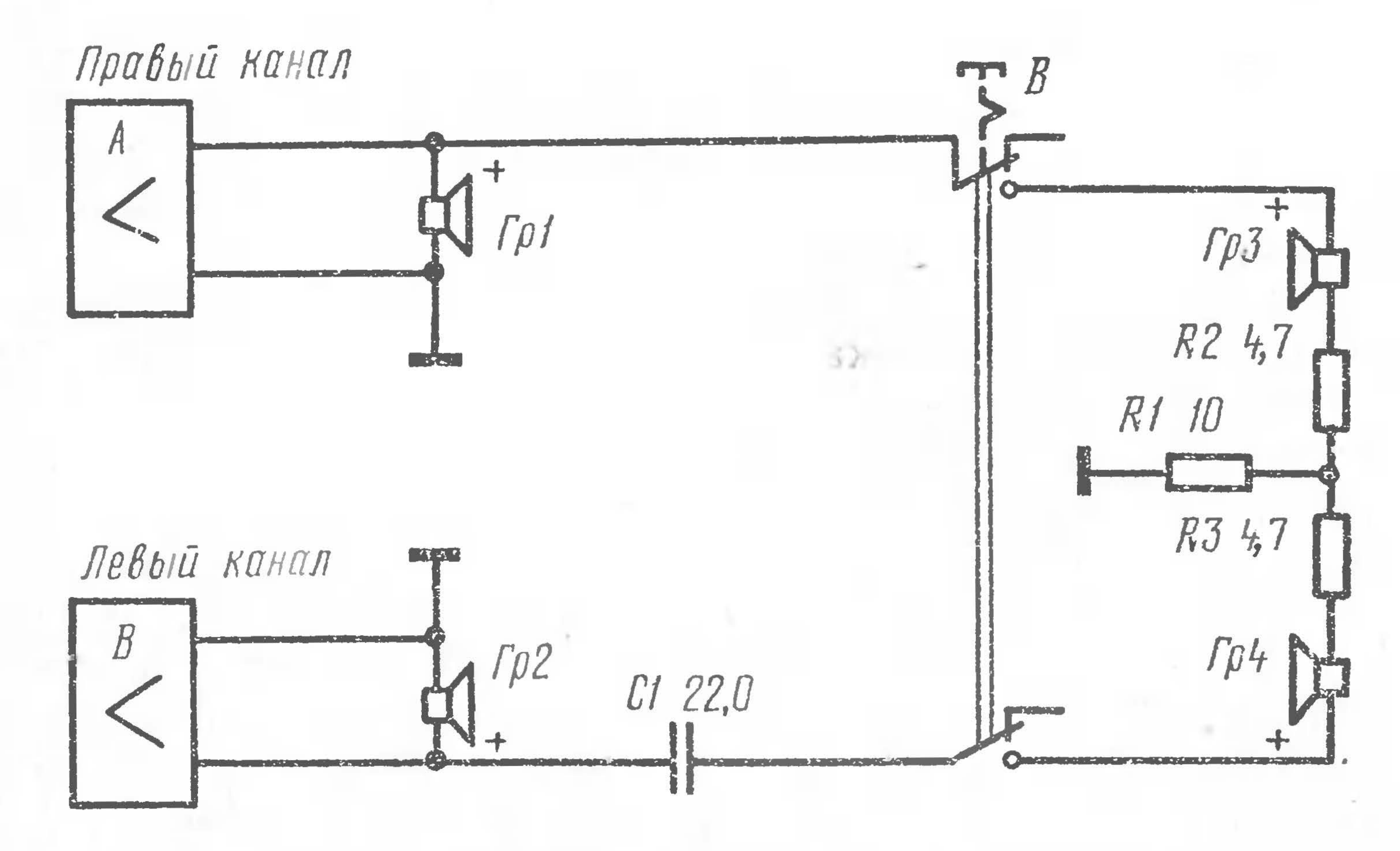


Рис. 2. Схема включения тыловых акустических систем

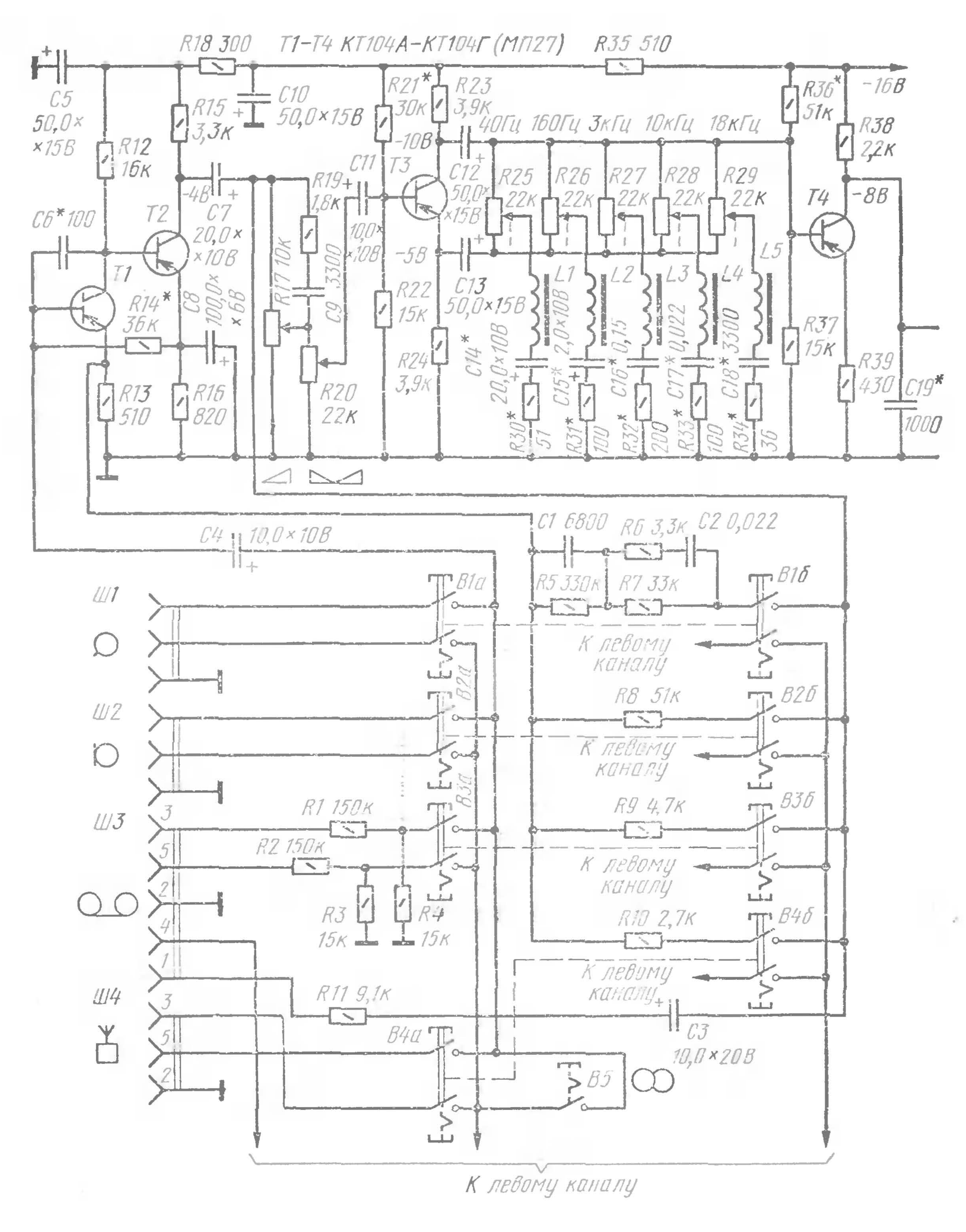
секция *б* переключателя *В1* включает цепь частотнозависимой отрицательной обратной связи *C1R5R6C2R7*, обеспечивающей лианизацию частотной характеристики магнитного звукоснимателя. При работе от других источников низкочастотного сигнала (разъемы *Ш2, Ш3* и *Ш4*) частотная коррекция отсутствует. Секциями *а* переключателей *В2—В3* осуществляется деление сигнала (резисторы *R1, R2, R3, R4*), а секциями *б* изменяется коэффициент усиления по напряжению усилителя-корректора.

Если звукосниматель пьезоэлектрический, под него можно приспособить микрофонный вход, заменив резистор *R8* цепочкой, схема которой приведена на рис. 4.

С выхода усилителя-корректора сигнал поступает на регулятор громкости *R17* с тонкомпенсацией (цепочка *R19C9*) по высшим звуковым частотам. При малых уровнях сигнала коэффициент передачи регулятора громкости становится частотнозависимым. С перемещением движка резистора *R17* вверх (по схеме), когда уровень сигнала нарастает, частотная зависимость уменьшается и в верхнем положении движка полностью пропадает. Такое техническое решение улучшает звучание на малых уровнях громкости.

Регулятор стереобаланса, роль которого выполняет резистор *R20*, построен по схеме регуляторов громкости, включенных в противофазе; при увеличении сигнала в одном из каналов сигнал в другом уменьшается, и наоборот. Баланс наступает при среднем положении движка резистора *R20*. Такое техническое решение обеспечивает обоим каналам широкий диапазон регулирования усиления.

С узла регулировки стереобаланса сигнал поступает на вход тембрового каскада на транзисторе *Т3*, построенного по схеме равномерно распределенной нагрузки (*R23, R24*) с частотнозависимыми обратными связями по переменному току. Применена шестиполосная тембровая система из последовательных *LC*-контуров, настроенных соответственно на частоты 40, 160 Гц, 3, 10 и 18 кГц. Частоты выбраны экспериментальным путем, исходя из условия обеспечения равномерной частотной характеристики во всем диапазоне звуковых частот и эффективности работы каждого *LC*-контура в отдельности, что особенно важно при малых уровнях громкости,



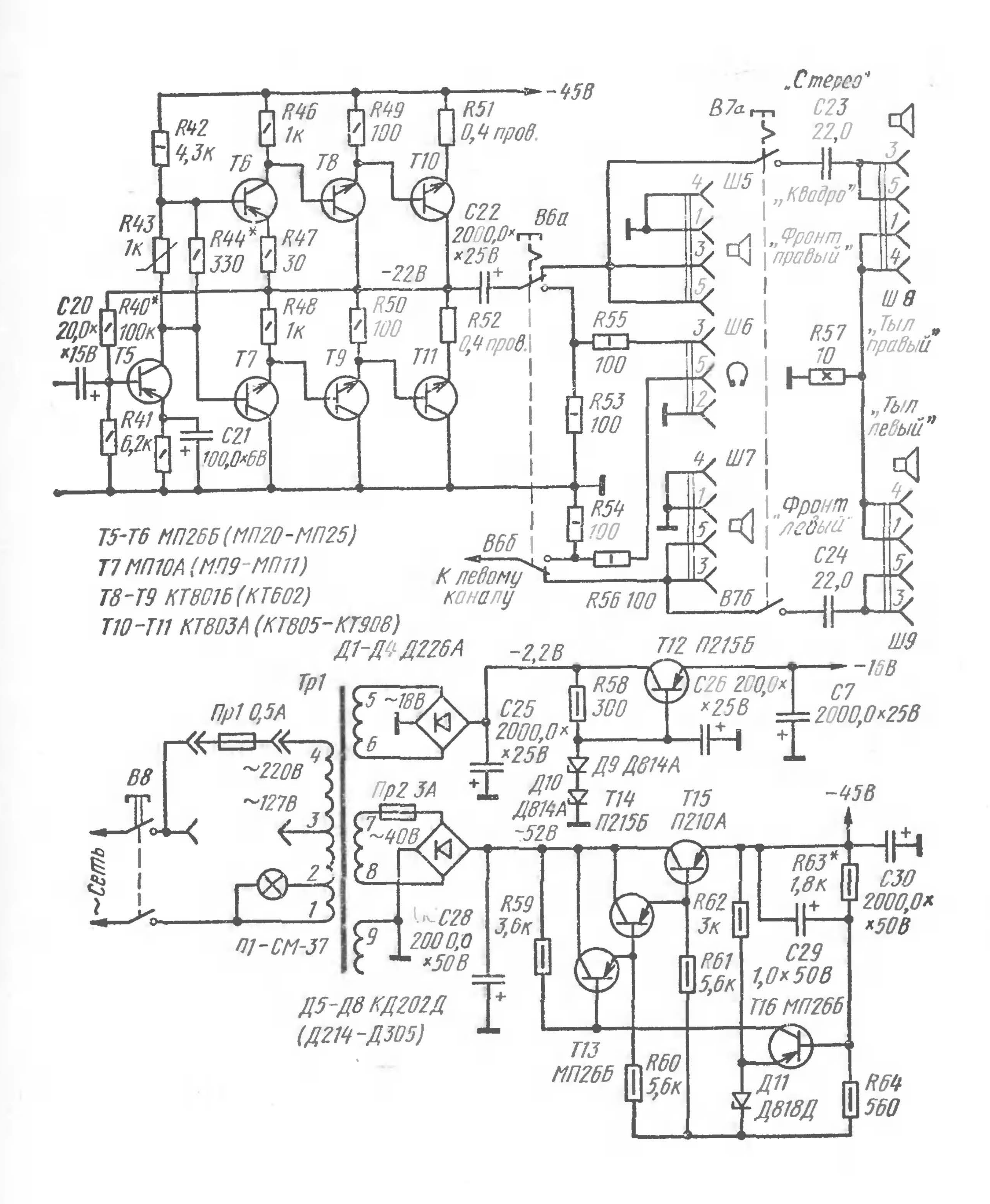


Рис. 3. Принципиальная схема усилителя с псевдоквадрафонической приставкой

когда необходимо достигнуть отчетливого звучания низших и высших звуковых частот.

Предварительный усилитель на транзисторе *T4* серии КТ104А-Г или МП27 обеспечивает дополнительное усиление сигнала по напряжению и улучшает согласование темброврго каскада с усилителем мощности.

Усилитель мощности, который выполнен на транзисторах *T5—T11*, построен по общеизвестной схеме и не нуждается в особых комментариях. Он не требует какого-либо подбора транзисторов, а в оконечном каскаде

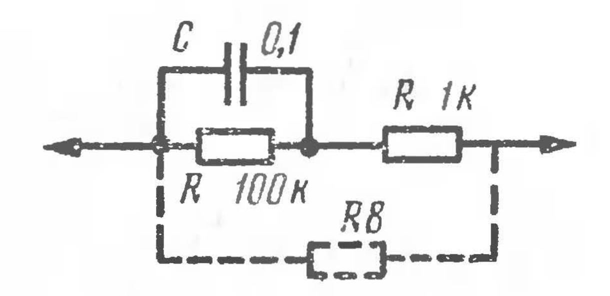


Рис. 4. Схема замены резистора R8 цепочкой частотной коррекции

возможно применение мощных кремниевых транзисторов различных серий. Рабочая точка усилителя мощности жестко удерживается термостабилизирующей цепочкой, составленной из резисторов *R43* и *R44*. Резистор *R44*, ограничивая диапазон изменения сопротивления терморезистора *R43*, исключает перекомпенсацию рабочей точки при изменении температуры плиты-радиатора транзисторов. Конденсаторы *C6, C10* снимают возбуждение усилителя по высокой частоте.

Переключатель *B6* обеспечивает подключение к выходу усилителя мощности акустических систем или стереофонических головных телефонов, а переключатель *B7* — псевдоквадрафонической приставки.

Акустические системы самодельные. Фронтальные построены на базе головок 8ГД-1 и 3ГД-31 с фазоинвертором, тыловые — на базе головок 3ГД-1 (4ГД-8Е) и 3ГД-31. Блок питания состоит из двух выпрямителей со стабилизаторами напряжения. Напряжение 45 В используется для питания усилителей мощности обоих каналов, 16 В — для питания предварительных усилителей.

Конструкция и детали. Конструктивно усилитель представляет собой две панели, переднюю и заднюю, соединенные между собой шпильками из латуни или дюралюминия диаметром 10 и длиной 280 мм. Задняя панель имеет форму уголка размерами 90×30 и толщиной 3 мм. На его вертикальной поверхности установлены ребристые радиаторы с мощными транзисторами *T10* и *T11* левого и правого каналов и транзистор *T15* стабилизатора напряжения. Транзисторы *T11* обоих каналов — без изоляционных прокладок, так как их коллекторы соединены с общим проводом (корпусом) усилителя. На горизонтальной поверхности уголка-теплоотвода через изоляционные прокладки установлены транзисторы *T8* и *T9* усилителей мощности обоих каналов, там же в правой стороне — разъемы *Ш1—Ш4*, в левой — разъемы *Ш5, Ш7—Ш9*, держатель предохранителя *Пр1* и сетевой провод. На передней панели находятся переключатели *B1—B8*, переменные резисторы *R17, R20, R25—R29,* разъем *Ш6* и патрон индикаторной лампы *Л1*.

Монтаж усилителя выполнен на трех печатных платах из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. На первой плате (рис. 6) смонтированы детали усилителей-корректоров, тембровые каскады и предварительные усилители обоих каналов, на второй плате (рис. 7) — оба усилителя мощности и стабилизатор с выходным напряжением 45 В, на третьей (рис. 5) — выпрямители, конденсаторы фильтров, стабилизатор с выходным напряжением 16 В и трансформатор питания.

В усилителе используются постоянные резисторы МЛТ, МТ, ВС, ПЭВ; переменные резисторы *R17* и *R25—R29* — группы В, *R20* — группы А типа СП23А; конденсаторы типов К50-6, КМ, КЛС, КТМ; переключатели П2К; разъемы СГ3 и СГ5. Катушки индуктивности *L1—L5* и трансформатор питания *Тр1* самодельные. Их данные приведены в таблице.

Налаживание устройства начинают с проверки усилителя мощности одного из каналов, например правого. Все остальные узлы в это время должны быть отсоединены от источников напряжения 16 и 45 В. К левой (по схеме) обкладке электролитического конденсатора *C20* вместо предварительного усилителя (коллектор транзистора *T4*) подключают выход генератора звуковой частоты, а к разъему *Ш5* вместо фронтальной акустической системы — проволочный остеклованный резистор типа ПЭВ сопротивлением 8 Ом на мощность рассеяния 10—20 Вт. Не включая генератор звуковой частоты, кратковременно подсоединяют источник питания и

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник, типоразмер
L1	800	ПЭВ-2 0,15	М2000НМ, К20×12×6
L2	450	ПЭВ-2 0,1	М2000НМ, К12× 6×6
L3	250	то же	М2000НМ, К7×4×4
L4	150	»	М2000НМ, К7×4×2
L5	150	»	М1000НМ, К8×4×3
Тр1:			
1—2	88	ПЭВ-2 0,83	
2—3	470	то же	
3—4	409	ПЭВ-2 0,64	магнитопровод
5—6	80	то же	ШЛ32×32
7—8	185	ПЭВ-2 1,2	(половина набора)
9	один слой виток к витку между первичной и вторичной обмотками	ПЭВ-2 0,64	

одновременно измеряют напряжение в точке симметрии, которое должно быть равно примерно половине напряжения источника. Если отклонение от этого условия велико, необходимо проверить правильность монтажа или исправность транзисторов. Затем включают генератор и на эквиваленте нагрузки осциллографом контролируют форму сигнала. На частоте 1 кГц, изменяя уровень сигнала с генератора, подбором резистора *R40* добиваются наступления на выходе усилителя мощности равностороннего ограничения синусоидальной формы сверху и снизу. Переходную «ступеньку» при малых уровнях сигнала устраняют подбором резистора *R44*. Аналогично проверяют и настраивают усилитель мощности левого канала. При этом усилитель мощности правого канала отключают. Затем при удаленном предохранителе *Пр2* проверяют рабочие точки усилителей-корректоров, тембровых каскадов и предварительных усилителей. Рекомендуемые режимы (указаны на схеме) устанавливают подбором резисторов *R14, R21, R36*.

Особое внимание нужно уделить настройке тембрового каскада по переменному току. Здесь важно добиться равномерности общей характеристики при верхнем (по схеме) положении движков переменных резисторов

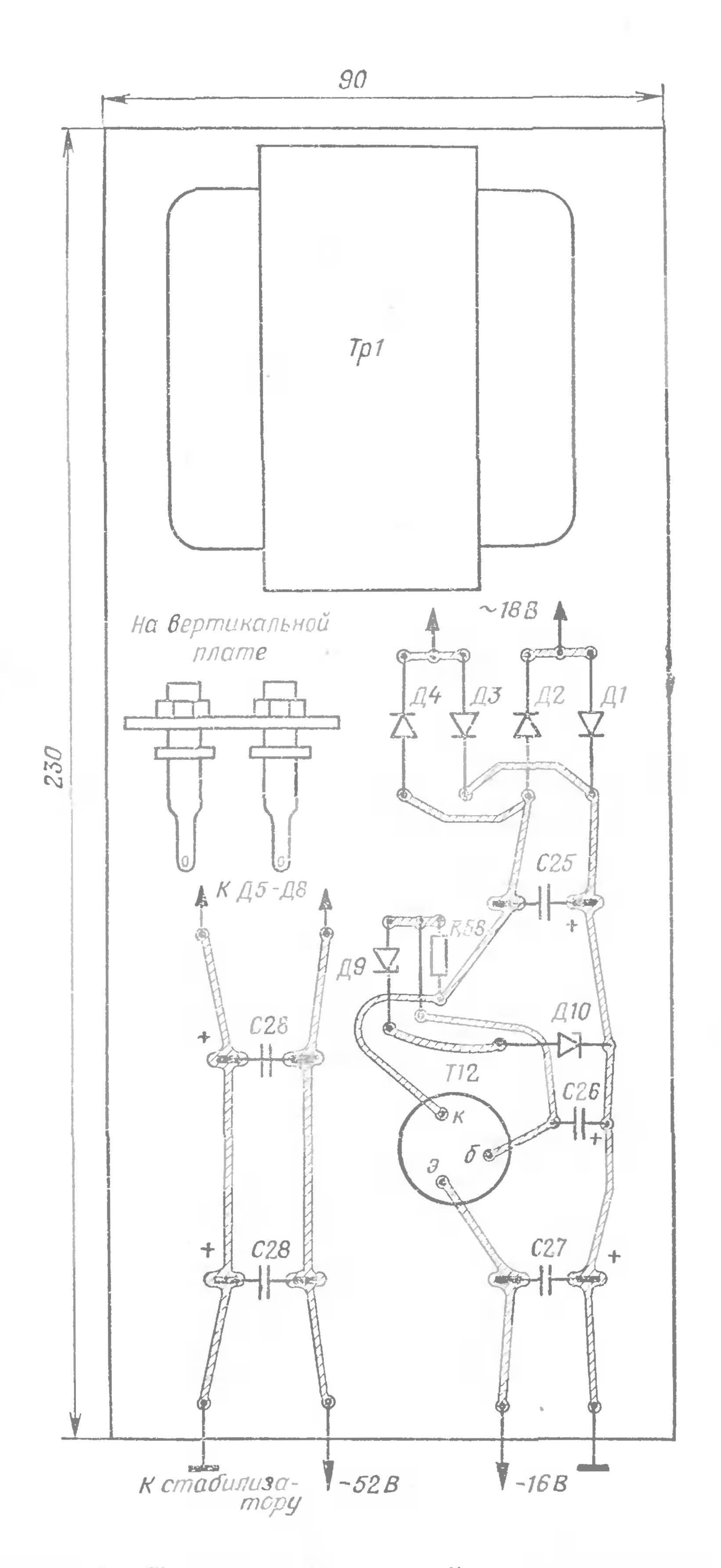


Рис. 5. Плата выпрямителей, конденсаторов фильтров, стабилизатора напряжения 16 В и трансформатора питания

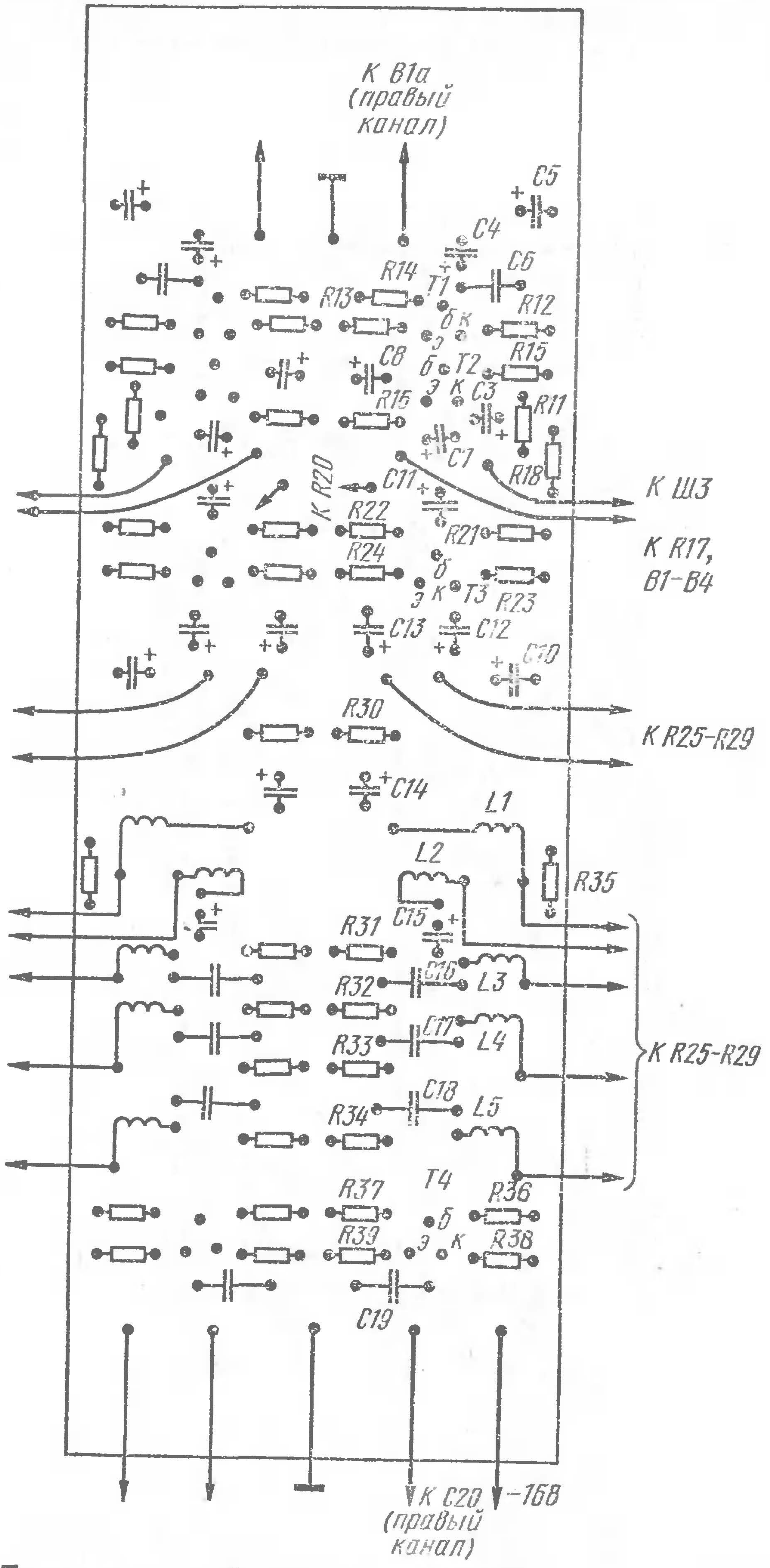
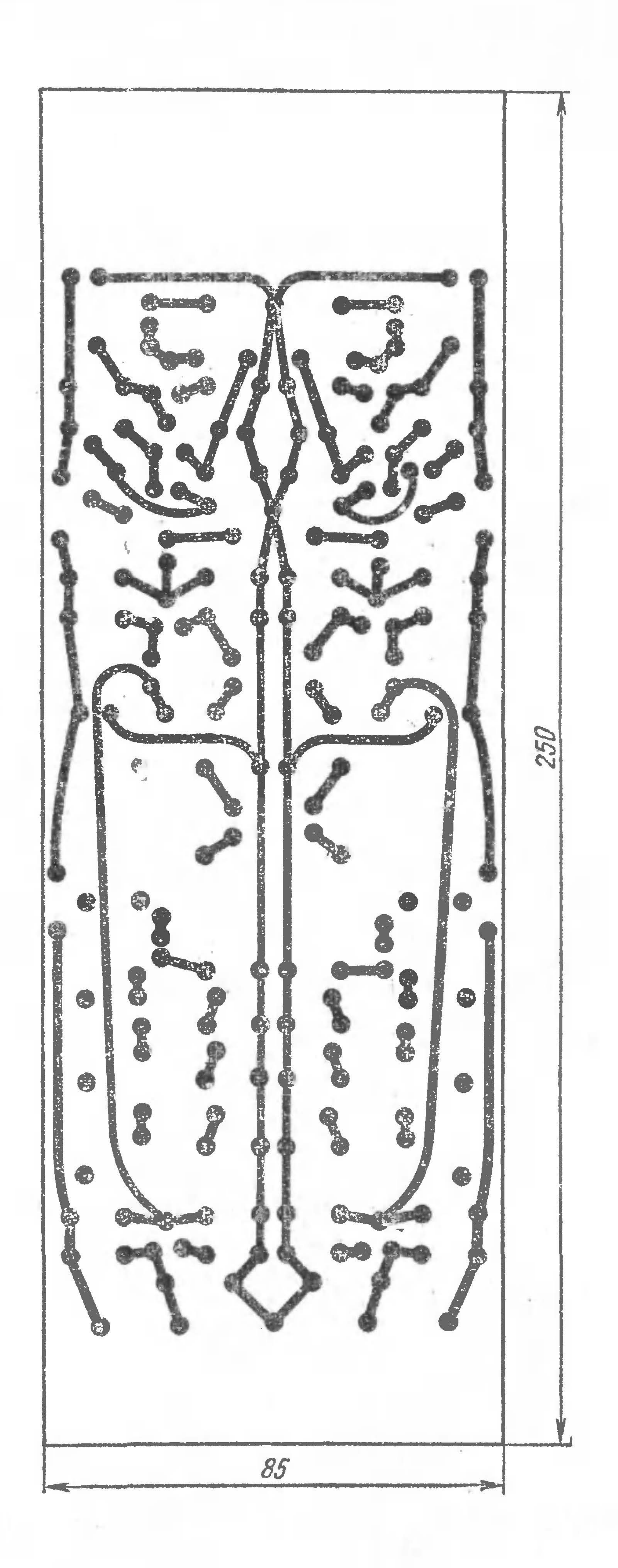
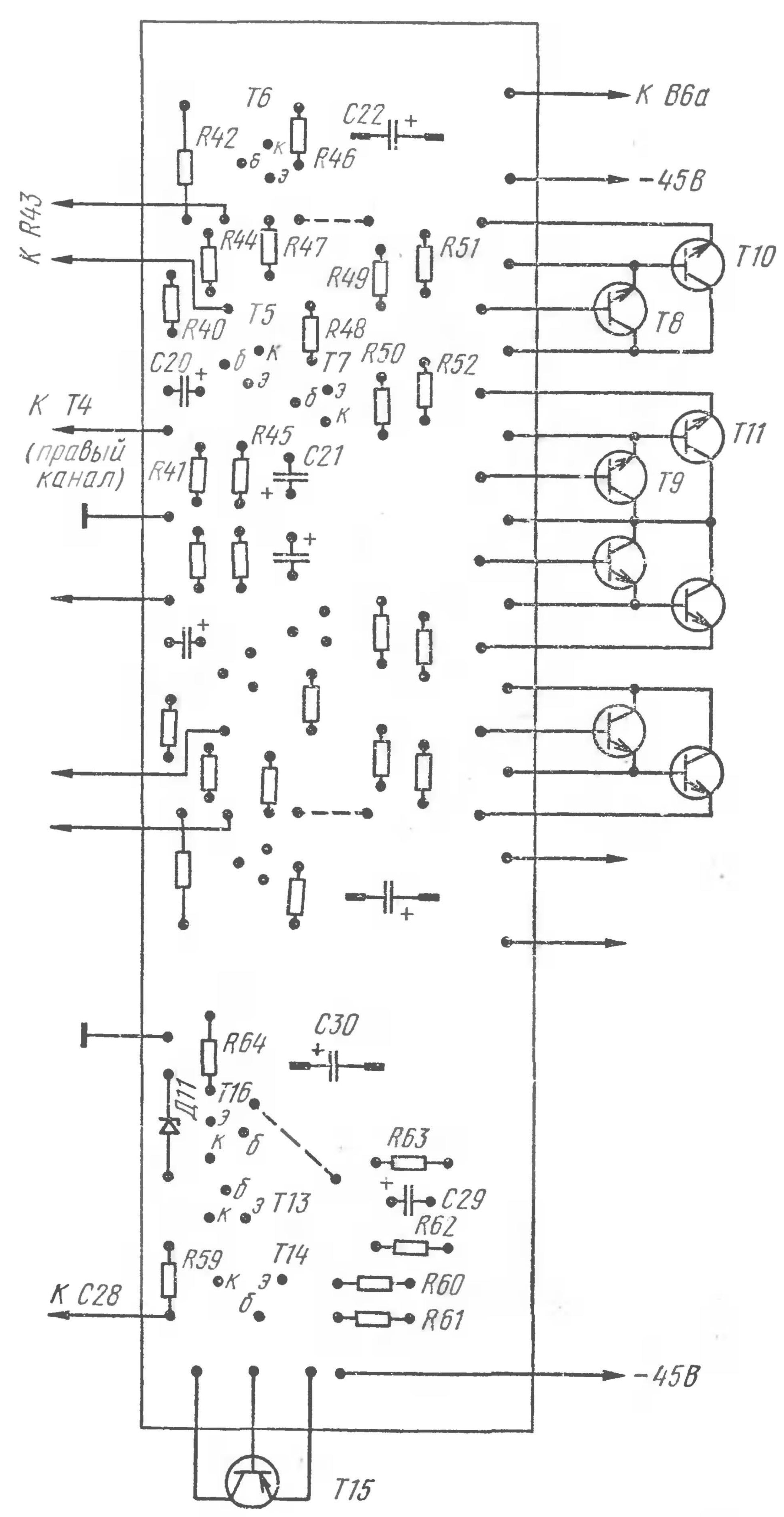


Рис. 6. Плата усилителей-корректоров, тембровых каскадов и предварительных усилителей обоих каналов





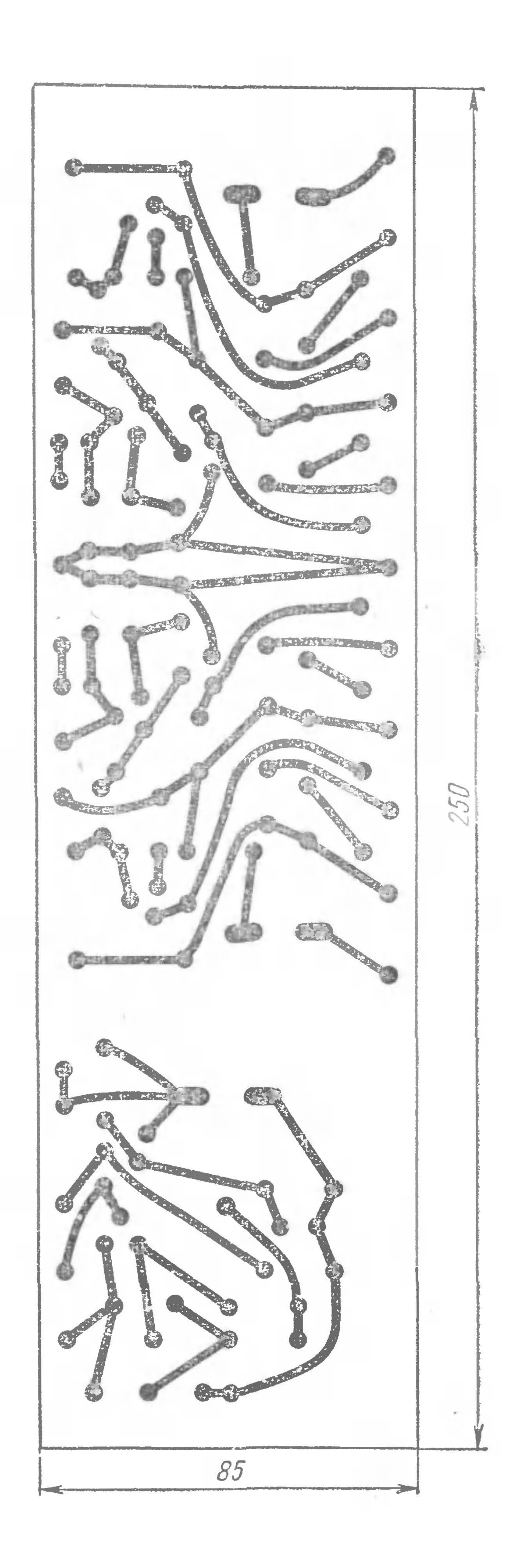


Рис. 7. Плата усилителей мощности и стабилизатора напряжения 45В

R25—R29. Сигнал генератора звуковой частоты подают на магнитофонный вход (разъем *Ш3*), а электронный осциллограф или милливольтметр переменного тока подключают к коллектору транзистора *Т4*. Конденсатор *С20* остается отключенным от коллектора транзистора *Т4*. Изменяя частоту звукового генератора от 20 до 20 000 Гц, снимают частотную характеристику усилителя-корректора совместно с тембровым каскадом. В первую очередь необходимо проверить соответствие заданным значениям резонансных частот пятиполосного тембрового каскада, что достигается подбором емкостей конденсаторов *С14—С18*. Равномерности частотной характеристики вблизи значения какой-либо конкретной частоты можно добиться подбором соответствующих резисторов *R30—R34* или, в крайнем случае, изменением соотношения индуктивности катушки и емкости конденсатора данного последовательного колебательного контура.

Затем, подключив к выходным разъемам *Ш5* и *Ш7* эквиваленты нагрузок, проверяют работу всего усилителя. Возбуждение усилителя на высших частотах звукового диапазона устраняют подбором конденсаторов *С6, С19*. Желательно еще раз проверить форму сигнала на выходе и отсутствие переходных «ступенек» (при малых уровнях сигнала) для установленных рабочих точек обоих усилителей мощности (в цепи эмиттера транзистора *Т5* стоит резистор *R45*, 100 Ом).

Автоматический регулятор освещенности

О. Богпачев

Известно, что недостаточность освещенности рабочего места, так же как и ее избыточность, отрицательно сказывается на зрении. Есть много профессий, для которых особенно важно следить за утомляемостью зрения. Это, например, копировщики, монтажники модулей, часовые мастера и многие другие. В течение суток освещенность в помещении изменяется, причем иногда эти изменения идут настолько медленно, что увлеченно работающий человек не всегда своевременно может их заметить и включить искусственное освещение.

Описываемый здесь автоматический регулятор (см. рисунок) позволяет индивидуально подобрать необходимый уровень освещенности искусственного источника света и поддерживать его в течение рабочего дня постоянным. Он состоит из датчика освещенности фоторезистора *R1* и фазоимпульсного регулятора напряжения, роль которого выполняет тринистор *Д5*. Управление тринистором осуществляется импульсным генератором на однопереходном транзисторе *Т2*. Частота следования импульсов на выходе генератора (на резисторе *R8*) зависит от скорости заряда конденсатора *С2*, который происходит по двум цепям: непосредственно с выхода выпрямителя через резистор *R6* и с коллектора транзистора *Т1* через диод *Д2*. Каскад на транзисторе *Т1* является усилительно-преобразовательным звеном в цепи обработки светового потока в пропорциональный электрический сигнал.

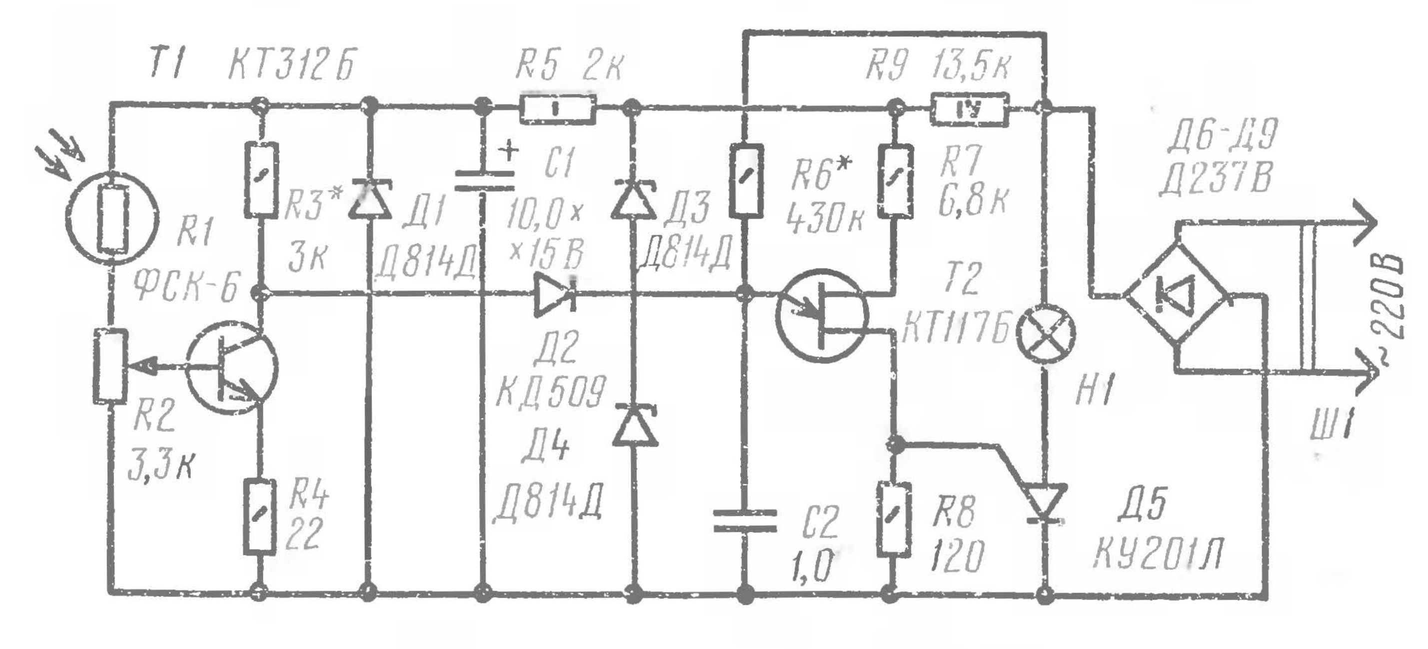
Принцип работы электронного автомата сводится к следующему. Сопротивление фоторезистора *R1*, освещаемого суммой световых потоков от электрической лампы *Л1* и естественного света из окна, имеет определенное значение. В случае уменьшения естественного света сопротивление фоторезистора увеличивается, растут напряжение на коллекторе транзистора *Т1* и

соответственно сила тока заряда конденсатора *С2*, который начинает заряжаться быстрее по цепи резистор *R3* — диод *Д2*. Частота следования импульсов на выходе генератора (транзистор *Т2*) увеличивается, и тринистор *Д5* в течение каждого полупериода сетевого напряжения открывается раньше, увеличивая тем самым свечение лампы. Световой поток продолжает воздействовать на фоторезистор *R1*, и система восстанавливает первоначальную освещенность. Таким образом получается замкнутая система с авторегулированием. Необходимый уровень освещенности устанавливают резистором *R2*, и он поддерживается впоследствии автоматически.

Детали автомата можно смонтировать на плате размерами 120×65 мм и разместить ее в основании настольной лампы. Диоды *Д6—Д9* надо выбрать так, чтобы каждый из них мог выпрямить половину тока лампы и иметь номинальное обратное напряжение больше сетевого. Так, например, для лампы мощностью 100 Вт, сила тока которой составляет примерно 0,5 А, можно использовать диоды Д237В, у которых $U_{обр} = 400$ В, $I_{пр} = 0,3$ А. Резистор *R9* составлен из двух, соединенных параллельно, двухваттных резисторов сопротивлением по 27 кОм.

Устройство позволяет осуществить автоматическую регулировку освещенности всего рабочего помещения. Для этого надо соответствующим образом подобрать диоды выпрямительного моста и найти правильное местоположение датчика освещенности *R1*.

Н а л а ж и в а н и е датчика сводится к следующему. После тщательной проверки монтажа отпаивают диод



Принципиальная схема устройства

Д2 от конденсатора *С2* и подбором резистора *R6* добиваются слабого свечения лампы *Л1* (нить накала розовая). Затем восстанавливают соединение диода с конденсатором, разрывают цепи эмиттера и базы транзистора *Т1* и подбором резистора *R3* добиваются наиболее яркого свечения лампы. Однако надо иметь в виду, что чрезмерное уменьшение сопротивления этого резистора может вызвать перегрузку транзистора *Т1*.

Автомат «бегущие огни»

Г. Сигорский

Предлагаемый электронный автомат предназначен для иллюминирования новогодней елки, балконов в праздничные дни, витрин, стендов. С его помощью можно получить различные световые эффекты в виде «разбегающихся лучей», «вращающихся колец», «движущихся силуэтов» и т. д. При соответствующем оформлении автомат может стать учебно-наглядным пособием для пояснения принципа работы регистров сдвига на триггерах.

Устройство собрано на логических интегральных микросхемах, не имеет механических контактов и может работать в двух режимах с различными исходными состояниями. Всего оно имеет шесть выходов, рассчитанных на лампы накаливания напряжением 220 В и суммарной мощностью до 2 кВт. При иллюминировании больших площадей лампы располагают секциями либо включают по нескольку штук подряд на каждый выход. Елочные гирлянды должны быть развешаны опоясывающими окружностями. Питание автомата осуществляется от сети напряжением 220 В, потребляемая мощность без нагрузки не более 2 Вт.

Устройство (рис. 1) состоит из задающего генератора *1*, регистра сдвига *2*, силовой цепи *3* и блока питания *4*. Задающий генератор собран на логических элементах *А1.1, А1.2* и представляет собой несимметричный мультивибратор. Большая длительность выходных импульсов (до 2 с) достигается введением в одно из плеч мультивибратора транзистора *Т1*, включенного эмиттерным повторителем. Переменным резистором *R3*

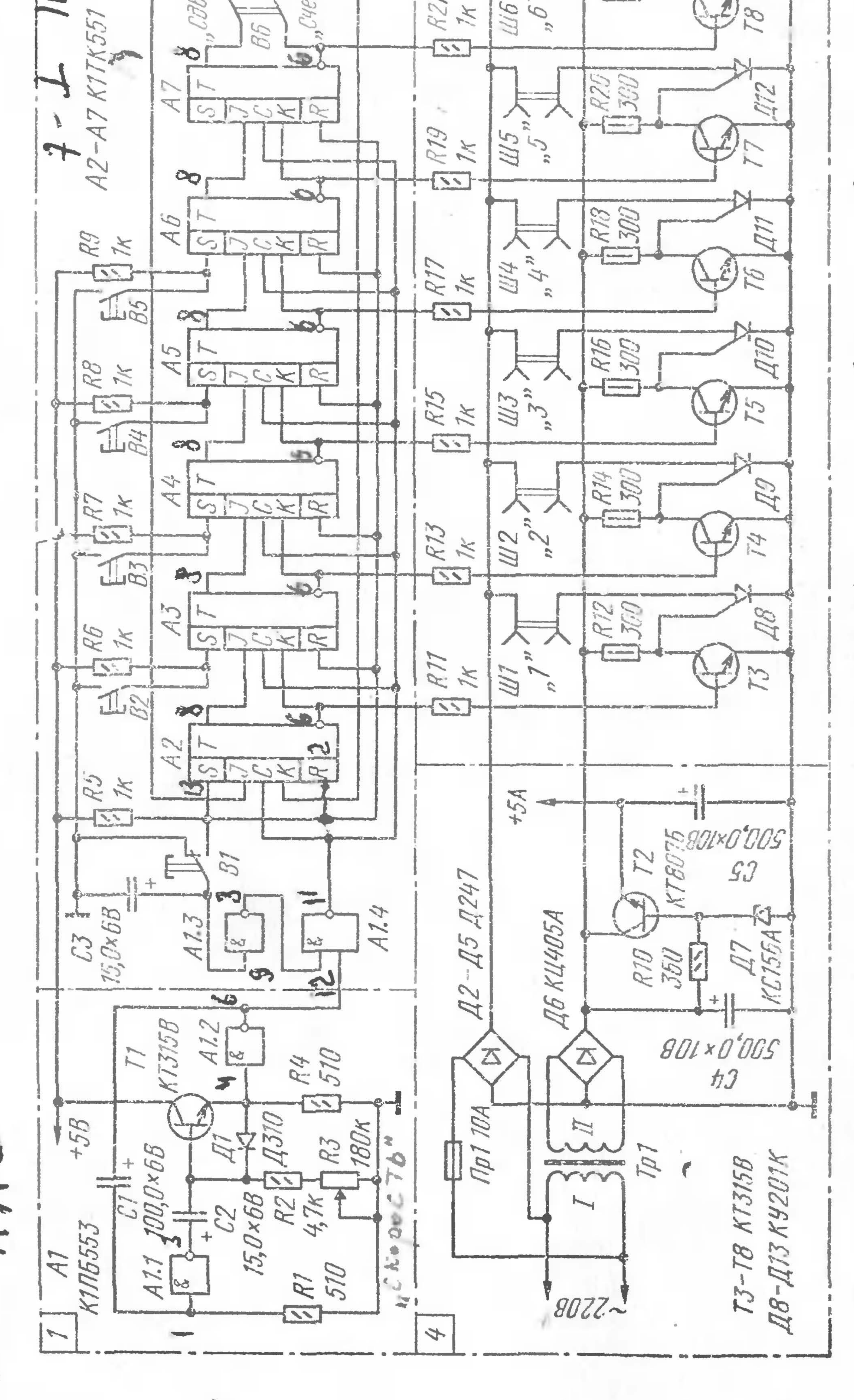


Рис. 1. Принципиальная схема автомата (позиционные обозначения «Счет» и «Сдвиг» переключателя В6 поменять местами)

регулируют частоту колебаний мультивибратора и, следовательно, скорость «бегущих огней». Импульсы через элемент разрешения *A1.4* поступают на регистр сдвига, собранный на шести *J-K* триггерах *A2—A7*, замкнутых в кольцо.

Установку триггеров регистра в исходное состояние производят кнопочными выключателями *B1—B5*. При нажатии кнопки *B1*, когда запрещается подача счетных импульсов на вход регистра через элемент *A1.4*, за счет заряда конденсатора *C3* через резистор *R5* формируется импульс, устанавливающий по входу *S* триггер *A2* в состояние 1 и триггеры *A3—A7* по входам *R* в состояние 0. Не отпуская кнопки *B1*, нажатием кнопок *B2—B5*, подключенных ко входам *S* триггеров *A2—A6*, можно набрать до двенадцати исходных (не повторяющихся в процессе сдвига) состояний регистра (см. табл.). Во всех случаях первый триггер регистра устанавливается в положение 1, а последний в положение 0, что является необходимым условием работы регистра сдвига и получения эффекта «бегущего огня». Переключатель *B6* позволяет перекоммутировать входы *J* и *K* первого триггера относительно выходов последнего.

1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0
3	1	0	1	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0
5	1	1	1	0	0	0
6	1	1	0	1	0	0
7	1	1	0	0	1	0
8	1	0	1	0	1	0
9	1	1	1	1	0	0
10	1	1	1	0	1	0
11	1	1	0	1	1	0
12	1	1	1	1	1	0

Если первый триггер находится в состоянии 1 и его вход *J* подключен к прямому, а вход *K* к инверсному выходам последнего триггера (переключатель *B6* в положении *«Сдвиг»*), то с приходом счетного импульса он переходит в состояние 0, а 1 записывается во втором триггере. Таким образом, с каждым счетным импульсом происходит сдвиг информации, записанной в регистре, и перемещение огней по лампам нагрузки.

При обратном подключении входов *J* и *K* первого триггера (переключатель *В6* в положение *«Счет»*) сброс триггеров в 0 в процессе счета запрещен до тех пор, пока 1 не запишется во всех триггерах регистра. После этого начинается последовательный переход триггеров регистра в состояние 0. Таким образом, в режиме «Счет» регистр сдвига последовательно насчитывает и считывает импульсы, что вызывает на нагрузке последовательное зажигание всех ламп и их погасание.

Силовая цепь автомата выполнена на тринисторах *Д8—Д13*, включенных в диагональ выпрямительного моста на диодах *Д2—Д5*. Лампы нагрузки включают в анодные цепи тринистора через разъемы *Ш1—Ш6*. Тринисторы управляют ключевыми транзисторами *Т3—Т8*, шунтирующими цепи их управляющих электродов. При переходе одного из триггеров регистра в состояние 1 соответствующий ключевой транзистор закрывается и через управляющий электрод тринистора начинает протекать ток, приводящий к его включению и зажиганию лампы нагрузки. Для получения непрерывного горения всех ламп нагрузки достаточно при установке переключателя *В6* в положение *«Сдвиг»* нажать одну из кнопок *В2—В5* на время, необходимое для установки всех триггеров регистра в состояние 1.

Блок питания состоит из трансформатора *Тр1*, понижающего напряжения сети, и двухполупериодных выпрямителей. Выпрямитель на диодах *Д2—Д5* питает лампы нагрузки, подключаемые к разъемам *Ш1—Ш6*, выпрямительный блок *Д6* — транзисторные ключи. Напряжение второго выпрямителя, дополнительно стабилизированное стабилитроном *Д7* и транзистором *Т2*, используется для питания мультивибратора и интегральных микросхем.

Правильно собранное устройство налаживания не требует. Подбором конденсатора *С2* можно установить желаемые границы скорости «бегущих огней».

Трансформатор питания *Тр1* намотан на магнитопроводе ШЛ12×16. Сетевая обмотка *I* содержит 5500 витков провода ПЭВ-2 0,08, обмотка *II* — 190 витков провода ПЭВ-2 0,35.

Конструктивно автомат может быть выполнен в пластмассовой коробке с шестью парами штепсельных гнезд. Тринисторы и диоды *Д2—Д5* крепят через изолирующие прокладки на общем теплоотводе в непосредственной близости от штепсельных разъемов. В корпусе автомата предусмотрены вентиляционные отверстия. Сечение шнура питания должно соответствовать предполагаемой мощности нагрузки. Ввиду того, что автомат находится под сравнительно высоким напряжением, все органы управления, наружные головки винтов и т. д. должны быть изолированы от цепей автомата. При налаживании и ремонте следует соблюдать меры безопасности.

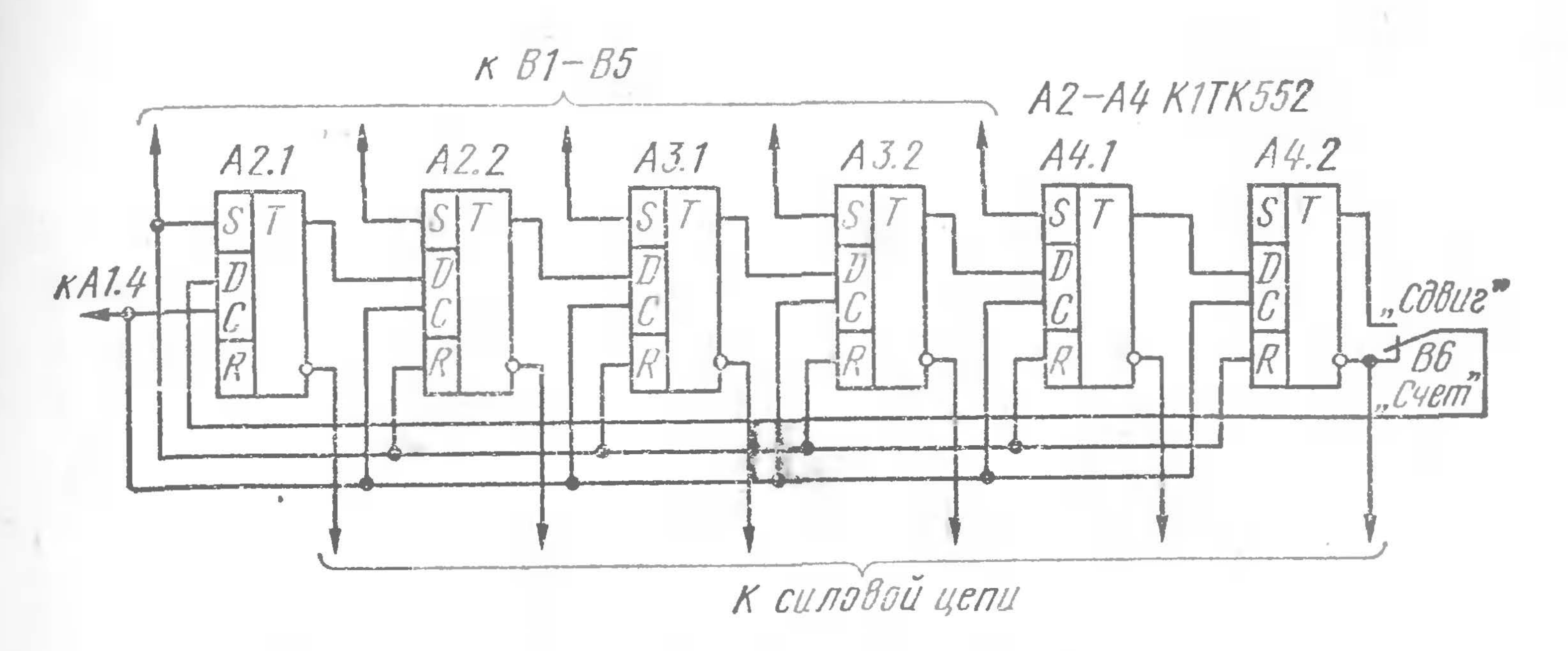


Рис. 2. Схема варианта регистра на *D*-триггерах

Микросхему К1ЛБ553 можно заменить на К1ЛБ333, а К1ТК551 — на микросхемы К1ТК331, К1ТК341, К1ТК342. Регистр сдвига можно также собрать на микросхемах К1ТК552, К1ТК332, содержащих два *D*-триггера в корпусе. Вариант регистра на *D*-триггерах приведен на рис. 2, общее число микросхем при этом уменьшается до четырех. Число выходов автомата можно уменьшить или, наоборот, увеличить. При увеличении выходов следует учитывать нагрузочную способность элемента *А1.4*.

Электронное реле указателя поворотов со звуковой индикацией

П. Алексеев

Практика показывает, что контроль за работой указателя поворотов любого типа (электромеханического или электронного) по сигнальной лампе на приборном

щитке автомобиля не всегда удобен. Днем, например, контрольная лампа недостаточно заметна, и водитель, глядя на нее, отвлекается от наблюдения за дорожной обстановкой. Простейший звуковой генератор, работающий в комплексе с указателем поворотов, не только создает определенные удобства контроля, но и может явиться сигнализатором исправности всех ламп левого или правого борта автомобиля.

Предлагаемый вариант электронного реле указателя поворотов со звуковой индикацией (рис. 1) предназначен для автомобиля с бортовой сетью напряжением 12 В и может быть установлен взамен электромеханического реле (например, типа РС57) без каких-либо переделок электропроводки автомобиля. Он состоит из генератора прямоугольных импульсов на транзисторе *Т1* с усилительно-исполнительным каскадом на транзисторах *Т2, Т3* и звукового генератора с индуктивной обратной связью на транзисторе *Т4*. Мощность сигнальных ламп *Л1* и *Л2* может быть 60—70 Вт.

В исходном состоянии, когда переключатель *В1 «Лево — право»* находится в нейтральном положении, цепь питания устройства разорвана. В положении *«Лево»* или *«Право»* к устройству подключается минус источника питания. При этом конденсатор *С1* начинает заряжаться через резисторы *R3* и *R4*, а на базу транзистора *Т1* с делителя *R1R2* подается закрывающее положительное напряжение. Заряжаясь, конденсатор шунтирует тран-

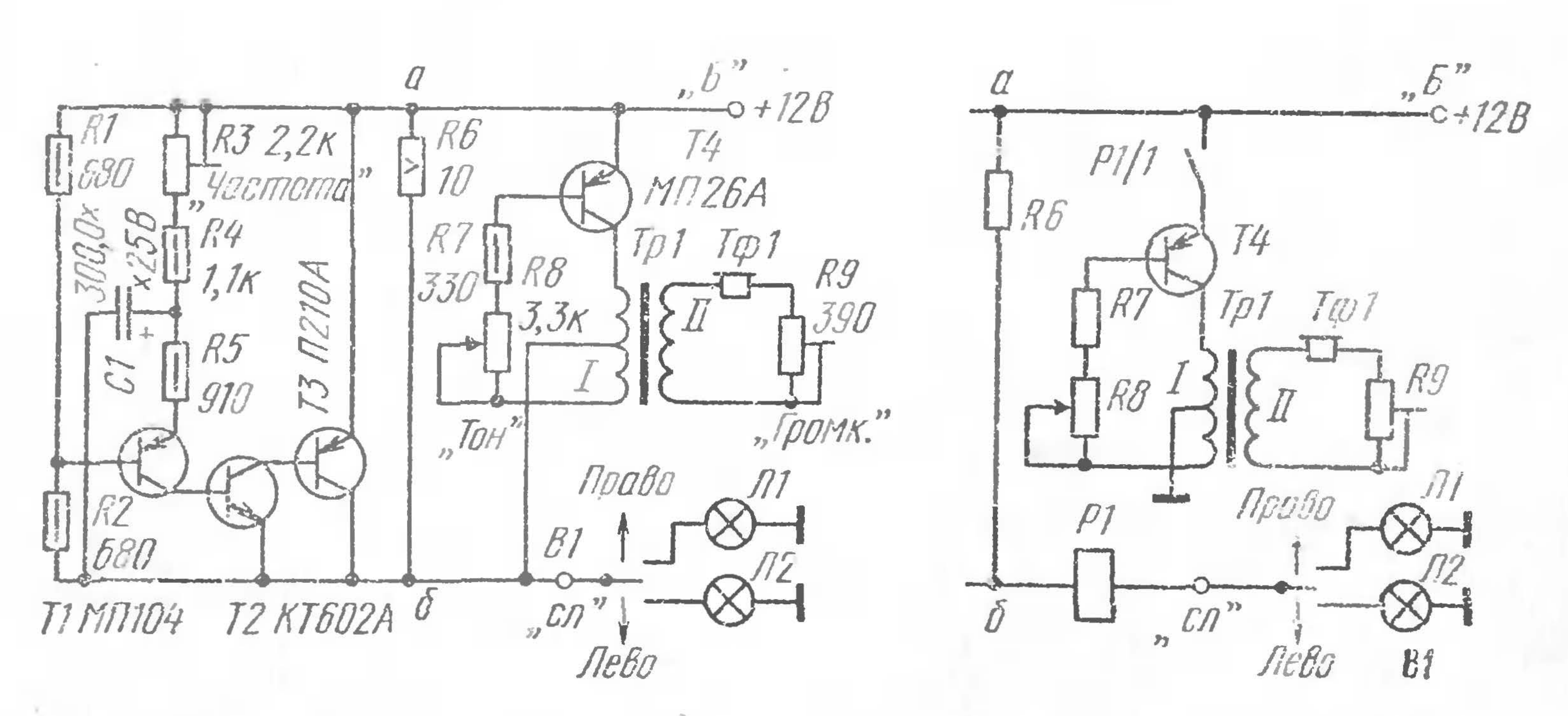


Рис. 1. Электронное реле указателя поворотов со звуковой индикацией

зистор *Т1*. В это время транзисторы *Т2* и *Т3* усилительно-исполнительного каскада закрыты и сигнальные лампы (*Л1* или *Л2*) не горят.

По мере заряда конденсатора *С1* напряжение в точке соединения его с резисторами *R5* и *R4* растет, и когда оно достигает 9—10 В, транзистор *Т1* открывается, что, в свою очередь, приводит к открыванию транзисторов *Т2* и *Т3*. При этом загорается сигнальная лампа, а напряжение между точками *а* и *б* падает до 0,5—1 В. Теперь конденсатор *С1* начинает разряжаться через резистор *R5*, открытые транзисторы *Т1, Т2* и последовательную цепь, состоящую из резисторов *R4, R3, R1* и *R2*. При разряде конденсатора до напряжения 0,3—0,5 В транзистор *Т1*, закрываясь, закрывает транзисторы *Т2* и *Т3* и сигнальная лампа гаснет. К этому моменту напряжение в точках *а* и *б* возрастает до напряжения источника питания, конденсатор *С1* снова начинает заряжаться и весь цикл работы устройства повторяется. Длительность заряда конденсатора *С1* через резисторы *R3* и *R4* определяет время паузы, а длительность его разряда — время горения сигнальных ламп.

Регулировку частоты световых импульсов производят подстроечным резистором *R3*. Крайнее нижнее (по схеме) положение его движка соответствует наибольшей, а крайнее верхнее — наименьшей частоте переключения сигнальных ламп. При этом соотношение длительности световых сигналов и паузы между ними практически остаются неизменными.

В помещаемой здесь таблице приведены экспериментально проверенные данные конденсатора *С1* и резисторов *R3—R5*, от которых зависит частота световых импульсов сигнальных ламп. Они могут стать исходными при подборе деталей и налаживании реле указателя поворотов.

С1, мкФ	*R3*, кОм	*R4*, кОм	*R5*, кОм	Частота переключений, имп/мин
200	4,8	2,7	2,0	60—120
300	2,2	1,1	0,91	60—114
400	1,8	0,91	0,91	60—114
500	1,5	0,47	0,51	60—118

Число включаемых сигнальных ламп (ток нагрузки генератора прямоугольных импульсов) незначительно влияет на частоту переключения. Резистор *R6*, подключенный параллельно транзистору *Т3*, поддерживает силу тока в цепи сигнальных ламп при закрытом транзисторе в пределах 1,2—1,4 А, что, во-первых, облегчает режим работы этого транзистора в момент его открывания (в холодном состоянии сопротивление нитей накаливания сигнальных ламп мало) и, во-вторых, удлиняет срок службы сигнальных ламп.

Генератор звуковой индикации включения сигнальных ламп выполнен на транзисторе *Т4*, секционированной первичной обмотке низкочастотного трансформатора *Тр1* и низкоомном телефоне *Тф1*, включенном в цепь вторичной обмотки трансформатора. Тон и громкость звучания телефона регулируют резисторами *R8* и *R9*. По питанию звуковой генератор подключен параллельно транзистору *Т3* и, следовательно, работает и издает звуковые сигналы во время пауз между световыми сигналами, когда транзистор *Т3* закрывается и напряжение между точками *а* и *б* возрастает до наибольшего значения. В моменты же горения сигнальных ламп, когда транзистор *Т3* открывается и напряжение между точками *а* и *б* близко нулю, генерация срывается.

Чтобы звуковые и световые сигналы совпадали, сигнальную часть электронного указателя поворотов надо смонтировать по правой схеме. Здесь звуковой генератор подключен непосредственно к источнику питания электрооборудования автомобиля, а в цепь питания сигнальных ламп, последовательно с генератором прямоугольных импульсов, включено электромагнитное реле *Р1*. В момент загорания сигнальных ламп реле срабатывает и своими контактами *Р1.1* замыкает цепь питания звукового генератора. Когда сила тока, текущего через сигнальные лампы, уменьшается, электромагнитное реле отпускает, а его контакты, размыкаясь, разрывают цепь питания звукового генератора.

Вводимое электромагнитное реле должно быть рассчитано на ток срабатывания, равный току, потребляемому всеми одновременно включающимися сигнальными лампами.

Размеры металлического корпуса устройства 120×70×40 мм. Транзистор П210А *(Т3)* укреплен на теплоотводе, роль которого выполняет алюминиевая пластинка толщиной 5 мм. Монтаж всех других деталей произвольный. Коэффициент передачи тока $h_{21э}$ транзисторов *Т1*, *Т3* и *Т4* должен быть не менее 50, транзистора *Т2* — не менее 100.

Резисторы могут быть любых типов. Мощность рассеяния резистора *R6* должна быть не менее 5 Вт (ВС-5 или три параллельно соединенных резистора МЛТ-2,0 сопротивлением по 30 Ом). Конденсатор *С1* — ЭТО-2, К50-6, К50-3. Трансформатор *Тр1* — выходной трансформатор транзисторного приемника, например, «ВЭФ-12», «ВЭФ-201», «ВЭФ-204». Телефон с катушкой сопротивлением 60—150 Ом. Можно также использовать телефонный капсюль ДЭМШ-4м.

Для включения звукового генератора подойдет любое электромагнитное реле, которое нетрудно разобрать, чтобы заменить обмотку. Лучше всего — реле с регулируемым натяжением пружины или упругой пластины якоря, например, типа РС-52. Имеющуюся на его магнитопроводе обмотку удаляют, а вместо нее наматывают новую проводом ПЭВ-1 0,75—1,0. Число витков новой обмотки, обеспечивающей срабатывание реле при заданной силе тока сигнальных ламп, определяют, руководствуясь методикой, приведенной ниже.

Предположим, что имеется реле со следующими данными: число витков $n = 6000$, активное сопротивление обмотки $R_{обм} = 1000$ Ом, напряжение срабатывания (измеренное опытным путем) $U_{ср} = 30$ В.

На основании этих данных определяют силу тока срабатывания реле:

$$I_{ср} = \frac{U_{ср}}{R_{обм}} = \frac{30}{1000} = 30 \times 10^{-3}\text{А},$$

а затем находят ампер-витки, обеспечивающие его срабатывание:

$$I_{ср} \times n = 30 \times 10^{-3} \times 6000 = 180 \text{ ампер-витков.}$$

Допустим, что сила тока, потребляемого одновременно включаемыми сигнальными лампами, равна 3,9 А (три параллельно соединенные лампы 12 В×21 св).

В этом случае для получения 180 ампер-витков, необходимых для срабатывания реле, на магнитопровод следует намотать

$$n' = \frac{180 \text{ ампер-витков}}{3{,}9 \text{ А}} \approx 50 \text{ витков.}$$

Некоторая неточность в расчете новой обмотки в дальнейшем может быть скомпенсирована регулировкой натяжения пружины якоря реле. Если перегорит нить накала хотя бы одной из сигнальных ламп, сила тока, текущего по обмотке реле, уменьшится. Остальные сигнальные лампы при этом будут мигать, но реле не сработает, и его контакты не замкнут цепь питания звукового генератора.

Поскольку детали генератора прямоугольных импульсов взаимосвязаны в формировании периодических сигналов и имеют определенный разброс параметров, перед установкой электронного блока на автомобиль необходимо произвести подстроечные работы, обеспечивающие частоту переключения сигнальных ламп в пределах 60—120 импульсов в минуту. Плюс источника постоянного тока напряжением 14 В (выпрямитель или аккумуляторная батарея) подключают к зажиму *«Б»*, а минус — к комплекту сигнальных ламп одного борта автомобиля со стороны «заземления». Включив питание, по секундомеру проверяют частоту переключений в крайних положениях движка подстроечного резистора *R3*. В случае необходимости подбором резисторов *R4* и *R5* добиваются частоты переключения от 60 до 120 в минуту. Эти резисторы определяют также длительность горения ламп (*R5*) и пауз (*R4*). Если подбора резисторов *R4* и *R5* окажется недостаточно для получения нужных результатов, то придется увеличить или, наоборот, уменьшить емкость конденсатора *C1*. После этого контактные пружины или натяжение пружины якоря электромагнитного реле *P1* регулируют, исходя из условия его срабатывания только при включении всех ламп.

Электронный блок указателя поворотов устанавливают на автомобиле рядом с электромеханическим реле. Контрольную лампу на щитке приборов, если она раньше была подключена к отдельному зажиму *«КЛ»*, теперь подключают к зажиму *«СЛ»* электронного блока.

О заменяемости транзисторов

В. Васильев, Д. Куприйчук

Радиолюбители располагают большим выбором разнообразных по характеристикам и применению отечественных транзисторов. Наиболее известными и доступными являются биполярные транзисторы структур *p-n-p* и *n-p-n*, полевые униполярные транзисторы с каналами *p-* и *n*-типа пока известны в ме́ньшей степени, но они приобретают все бо́льшую популярность.

Возможны три метода подбора взаимозаменяемых транзисторов: формальный, творческий и комплексный, являющийся сочетанием первых двух.

Формальный метод заключается в сравнении справочных данных заменяемого транзистора и его возможных аналогов внутри выбранной группы. Основным в этом случае является то, что заменяющий транзистор не должен уступать заменяемому ни по одному из предельно допустимых параметров ($P_{\text{Кдоп}}$, $U_{\text{КЭдоп}}$, $I_{\text{Кдоп}}$), а также по величине гарантированных значений статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ и предельной частоте усиления f_m или f_β. Замена транзисторов с различными структурами (*p-n-p* и *n-p-n*) не рекомендуется, так как в большинстве случаев это потребует дополнительных изменений режимов работы вследствие большого различия в характере зависимости тока коллектора от напряжения смещения.

Радиолюбители, особенно начинающие, могут воспользоваться помещаемой здесь табл. 1, где приведены ряды взаимозаменяемости транзисторов, наиболее широко используемых в радиолюбительских конструкциях. Транзисторы одной группы расположены в ряду в порядке возрастания, то есть улучшения основных параметров, определяющих их усилительные свойства на низких и высоких частотах. В частности, высокочастотные транзисторы расположены в порядке возрастания предельной частоты усиления, а низкочастотные — в поряд-

Наименование группы транзисторов	Последовательность замены
Низкочастотные германиевые *p-n-p* транзисторы малой мощности	(П13), МП39, (П13А), МП39А, (П13Б), МП39Б, (П14), МП40, (П15), МП41, МП41А, (П16), МП42 (П16А), МП42А (П16Б), МП42Б, МП20А, МП20Б МП21Д, ГТ115В—ГТ115Д
Низкочастотные германиевые *n-p-n* транзисторы малой мощности	(П8), МП35, (П9), МП36, (П10), МП37, (П11), МП38, (П11А), МП38А
Низкочастотные кремниевые *p-n-p* транзисторы малой мощности	(П104), МП114, (П105), МП115, (П106), МП116, КТ120Б, КТ120А, КТ120В
Низкочастотные кремниевые *n-p-n* транзисторы малой мощности	(П101), МП111, МП111Б, (П102), МП112, (П103), МП113, МП113А
Низкочастотные германиевые *p-n-p* транзисторы средней и большой мощности	ГТ402А, ГТ402Б, (П201), (П201А), (П203), П607, П607А, П608, П608А, П609, П609А П601А, П601Б, П602, П602А, П605, П605А, П606, П606А, П213А, П213Б, П214В, П214Г, П215, ГТ703Д, ГТ701А, ГТ806А—ГТ806Д
Низкочастотные германиевые *n-p-n* транзисторы средней мощности	ГТ404А, ГТ404Б, ГТ404Г
Низкочастотные кремниевые *p-n-p* транзисторы средней и большой мощности	П304, П303, П303А, П306, П306А
Низкочастотные кремниевые *n-p-n* транзисторы средней и большой мощности	П701, П701А, КТ802А, КТ803А, КТ808А, КТ903А, КТ903Б

Наименование группы транзисторов	Последовательность замены
Высокочастотные германиевые *p-n-p* транзисторы малой мощности	(П420), (П421), (П401), (П402), П416, П422, П423, (П403), (П403А), П423А, ГТ309А—ГТ309Г, ГТ322В—ГТ322Е, ГТ322А, ГТ322Б, ГТ308А—ГТ308В, ГТ313А, ГТ313Б, ГТ346А
Высокочастотные кремниевые *n-p-n* транзисторы малой мощности	КТ301, КТ301А—КТ301В, КТ301Г—КТ301Ж, КТ312А—КТ312В, КТ306Д, КТ307А—КТ307Г, КТ322А—КТ322В, КТ331А—КТ331В, КТ306А, КТ306В, (П501), (П502), (П503,) КТ315А—КТ315Г, КТ306Б, КТ306Г, КТ316А—КТ316Д, КТ325В

ке возрастания их гарантированного минимального значения коэффициента передачи тока. Для низкочастотных транзисторов средней мощности, кроме того, учитывается допустимая мощность, рассеиваемая прибором. Обычно мощность последующих порядковых номеров транзисторов выше предыдущих. В скобках указаны транзисторы, снятые с производства, но еще используемые в сравнительно простых радиолюбительских конструкциях.

Творческий метод можно рекомендовать радиолюбителям, имеющим некоторый опыт конструирования транзисторной аппаратуры. В этом случае поиск замены транзисторов ведут в несколько этапов. Сначала по данным условного обозначения прибора определяют все его возможные параметры. Затем по принципиальной схеме узнают структуру транзистора, особенности его работы в определенном каскаде, максимальное напряжение питания. На основе полученных таким образом данных можно, хотя бы приближенно, определить возможные замены.

Покажем это на примере рефлексного приемника 2-V-2 с составным транзистором, схема которого приведена на рис. 1 (описан в «Радио», 1975, № 4, с. 48). Приемник собран на транзисторах КТ301Ж (*T1*) и КТ301Д (*T2, T3*). Если подходить формально, то в первую очередь следует ознакомиться со справочными дан-

ными, а затем, сравнивая параметры, подбирать аналоги для каждого транзистора. Творческий подход позволяет радиолюбителю практически сразу установить, что транзисторы, используемые в этом приемнике, кремниевые, маломощные высокочастотные, структуры *n-p-n*, максимальное напряжение питания 2,5 В.

Характерная особенность этого приемника заключается в том, что транзисторы работают в совмещенных усилительных трактах ВЧ и НЧ и второй усилительный каскад обоих трактов собран на составном транзисторе *Т2Т3*. Приемник рассчитан на прием программ одной станции, работающей в диапазоне длинных (ДВ) или средних (СВ) волн, где максимальная частота сигнала 1,6 МГц. Учитывая, что для устранения влияния зависимости усилительных свойств транзисторов от частоты сигнала необходимо применять приборы, у которых граничная частота усиления f_m по крайней мере в 20—30 раз выше максимальной частоты усиливаемого сигнала, делаем вывод, что в приемнике возможно использование транзисторов с граничной частотой не ниже 30—50 МГц. Кроме того, транзистор *Т1* в первом каскаде должен быть с достаточно большим коэффициентом $h_{21э}$. Отсюда делаем вывод о возможной замене: КТ301Ж (*Т1*) — транзисторами КТ306Г, КТ307Г, КТ312В, КТ315Б, КТ315Г, КТ315Е, КТ316Д; КТ301Д (*Т2, Т3*) — транзисторами КТ301А, КТ306Б, КТ306В, КТ306Д, КТ312А, КТ312Б, КТ316Б, КТ316В, КТ316Г.

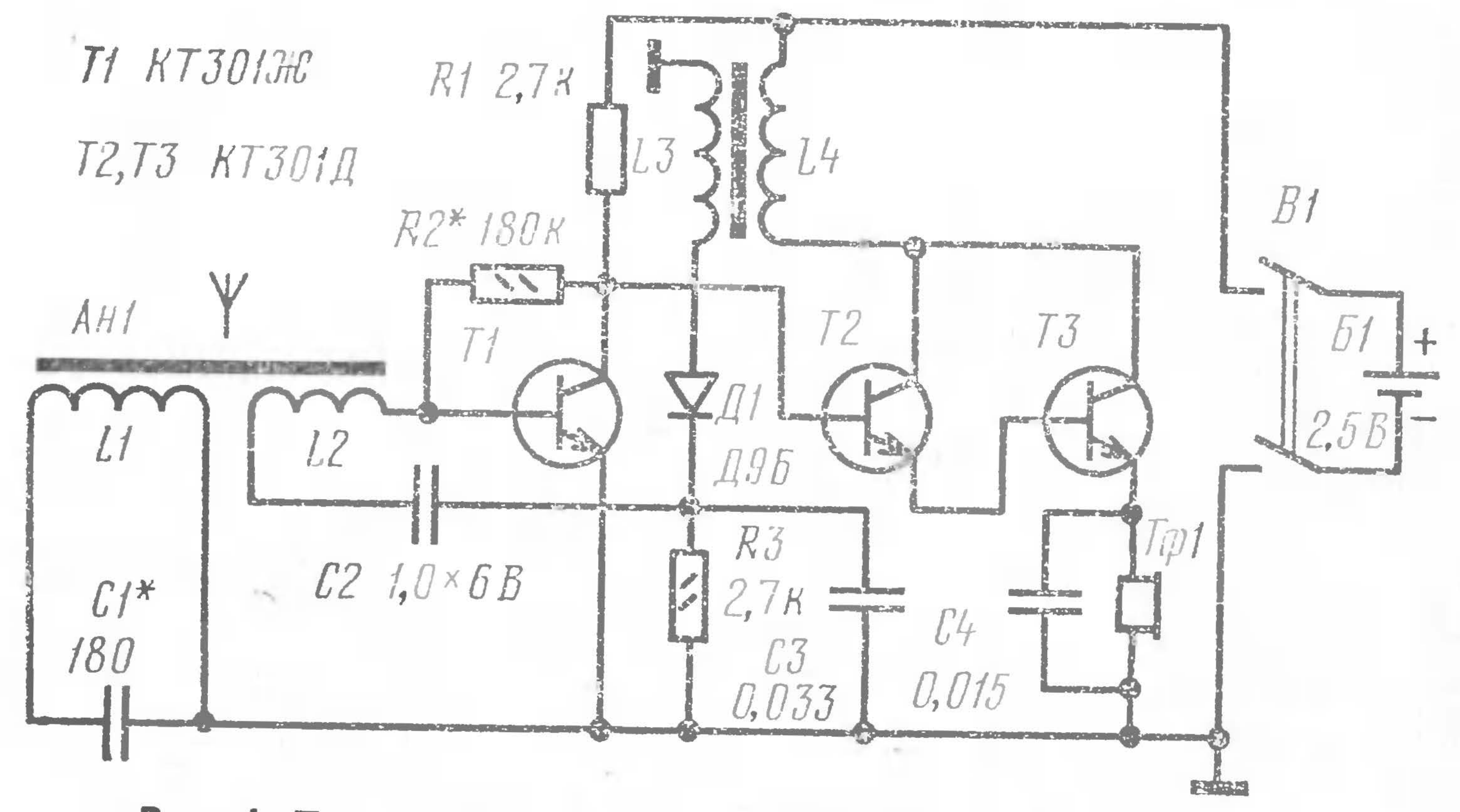


Рис. 1. Принципиальная схема рефлексного приемника

Комплексный метод наиболее целесообразный, так как почти исключает ошибочные решения. Формально учитывая сравнимость параметров заменяемых транзисторов и творчески анализируя особенности и режимы работы устройства, он позволяет найти наилучший вариант замены, практически не ухудшающий характеристики самого устройства. Проиллюстрируем это на следующем примере.

На рис. 2 показана схема трех каскадов одного из каналов малогабаритного стереофонического усилителя, разработанного О. Стрельцовым (описан в «Радио», 1974, № 3, с. 46—48). Транзисторы *Т1* и *Т2*, включенные по схеме с общим эмиттером, образуют предварительный усилитель коррекции сигналов микрофона и магнитного звукоснимателя. При работе от магнитного звукоснимателя резисторы *R6* и *R7* через контакты переключателя *В1а* соединены с конденсаторами *С3* и *С4*, а при работе от микрофона эта цепь разрывается. В результате изменяется частотная характеристика усилителя. Кроме того, при работе от микрофона через контакты переключателя *В1б* на вход предусилителя включается резистор *R1*, обеспечивающий стандартную для динамических микрофонов нагрузку сопротивлением 200 Ом.

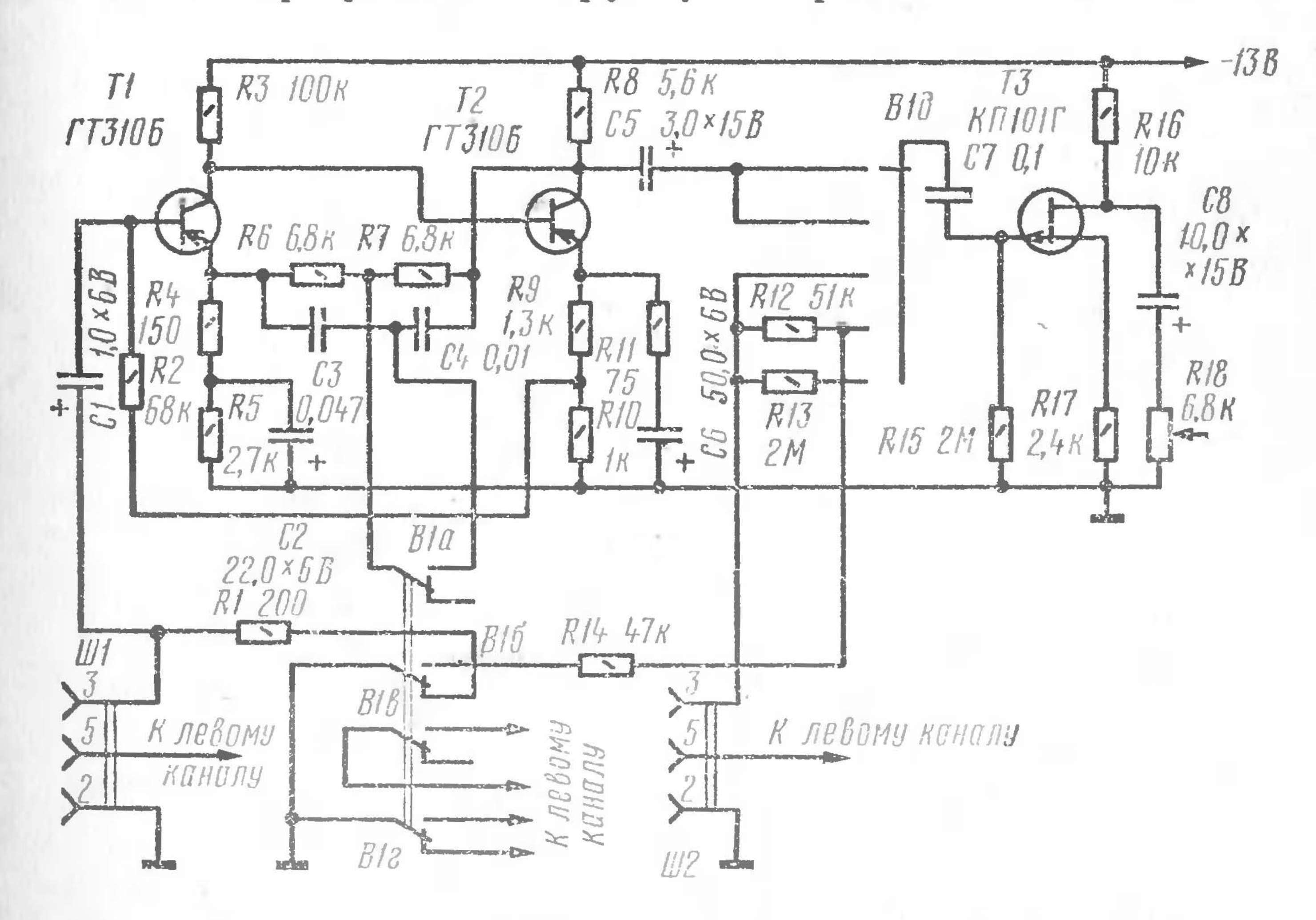


Рис. 2. Принципиальная схема входных каскадов канала стереоусилителя

С выхода предусилителя-корректора сигнал подается через контакты переключателя *В1д* и конденсатор *С7* на базу полевого транзистора *Т3*. Обладая большим входным сопротивлением (около 2 МОм), этот каскад может работать и от пьезокерамического звукоснимателя. Тогда его вход соединяется через контакты переключателя с разъемом *Ш2*, предназначенным для пьезокерамического звукоснимателя. На этот же разъем можно подавать сигналы напряжением около 0,5 В с линейных выходов микрофонов и приемников. С выхода каскада на полевом транзисторе *Т3* сигнал поступает на регулятор усиления *R18*, а от него на вход оконечного усилителя.

После публикации описания усилителя радиолюбители просили указать возможную замену транзисторов ГТ310Б и КП101Г.

Подходящими по энергетическим и частотным параметрам заменителями транзистора ГТ310Б могут быть: ГТ305, ГТ309, ГТ313, ГТ308. Уточняя по справочникам предельные эксплуатационные данные и электрические параметры, выбираем транзисторы ГТ305Б, ГТ305В, ГТ309Б. Но в усилителе транзисторы ГТ310Б были применены, по всей вероятности, благодаря малому коэффициенту шума ($F_{ш} = 3$ дБ). После уточнения в справочнике значения наилучшей заменой оказывается транзистор ГТ305В, затем ГТ309Б и ГТ305Б.

Нужно иметь в виду, что режим работы транзистора входного каскада существенно влияет на работу всего устройства. Поэтому при замене приборов напряжение на выходе каскада должно остаться неизменным. Данное условие может потребовать коррекции сопротивления резистора *R17* в цепи истока полевого транзистора.

Некоторые трудности взаимной замены полевых транзисторов заключаются в разнообразии технологии их изготовления, в результате чего наблюдается несовместимость свойств транзисторов разных групп.

Можно воспользоваться табл. 2, в которой показаны ряды последовательной замены полевых транзисторов внутри каждой группы, что может потребовать лишь коррекции режима работы. Замена транзисторов между различными группами уже обусловливает либо изменение полярности напряжения питания, либо пересчета (подбора) деталей цепей смещения.

Таблица 2

Наименование группы полевых транзисторов	Последовательность замены
Кремниевые планарные низкой частоты с *p-n* переходом и каналом *p*-типа	КП101Г—КП101Е, КП102Е—КП102Л, КП103Е—КП103М
Кремниевые планарные высокой частоты с *p-n* переходом и каналом *n*-типа	КП302А—КП302В, КП303А—КП303И
МОП-транзисторы высокой частоты с изолированным затвором и встроенным каналом *n*-типа	КП305Д—КП305И
МОП-транзисторы высокой частоты с изолированным затвором и индуцированным каналом *p*-типа	КП301Б, КП304А
МОП-транзисторы высокой частоты с двумя изолированными затворами и встроенным каналом *n*-типа	КП306А—КП306В, КП350А—КП350В

При замене полевого транзистора необходимо в первую очередь исходить из того, что заменяющий транзистор должен иметь возможно близкие значения двух параметров: тока стока при напряжении смещения между затвором и истоком, равном нулю, и напряжения отсечки — напряжения между затвором и истоком, при котором транзистор закрывается и сила тока стока не превышает 10 мкА. Это позволяет практически исключить необходимость коррекции режима работы по постоянному току. Усилительные свойства каскада на полевом транзисторе будут зависеть уже только от крутизны его характеристики и предельной частоты транзистора.

Транзистор КП101Г, используемый в третьем каскаде малогабаритного стереоусилителя, имеет силу тока стока не более 1 мА и напряжение отсечки не более 5 В. Этим исходным данным близки полевые транзисторы КП102Е, КП102Ж, КП103Е, КП103Ж. Небольшое различие, обусловленное разбросом параметров, все же есть, но замена вполне возможна. Причем заменяющие транзисторы обладают несколько бо́льшей крутизной характеристики, что способствует некоторому улучшению работы каскада, в частности, повышению усиления примерно в полтора раза.

Рассмотрим другой, более сложный пример замены полевых транзисторов — в стереофоническом усилителе, описываемом в этом сборнике на с. 38. В первых двух каскадах обоих каналов усилителя работают полевые транзисторы КП103Ж *(Т1)* и КП103КР *(Т2)*. Использование таких транзисторов обусловлено желанием обеспечить относительно большое входное сопротивление каскадов (не менее сотен килоом), что необходимо для согласования входа усилителя с высокоомным выходом пьезокерамической головки звукоснимателя и нормальной работы регулятора тембра при малом уровне собственных шумов усилителя. В данном случае транзистор КП103Ж могут заменить аналогичные ему транзисторы КП102Ж, КП102И, КП101Г, а КП103КР — транзистор КП102Л.

В том случае, если полевых транзисторов нет, заменить их можно биполярными транзисторами, включенными по схеме составного эмиттерного повторителя или каскада с разделенной нагрузкой. При этом с целью значительного увеличения входного сопротивления каскадов необходимо применять дополнительную компенсацию тока, потребляемого входной цепью. На рис. 3, *а* показана схема каскада на биполярных транзисторах, заменяющего полевой транзистор КП103Ж. На ней все дополнительные детали имеют римские цифровые индексы, а буквами *З, С* и *И* обозначены проводники, соответствующие выводам затвора, стока и истока полевого транзистора. В таком каскаде можно использовать два малошумящих транзистора МП27, транзисторы ГТ309, ГТ310, ГТ322 с любыми буквенными индексами или, в крайнем случае, транзисторы МП39Б. Режим

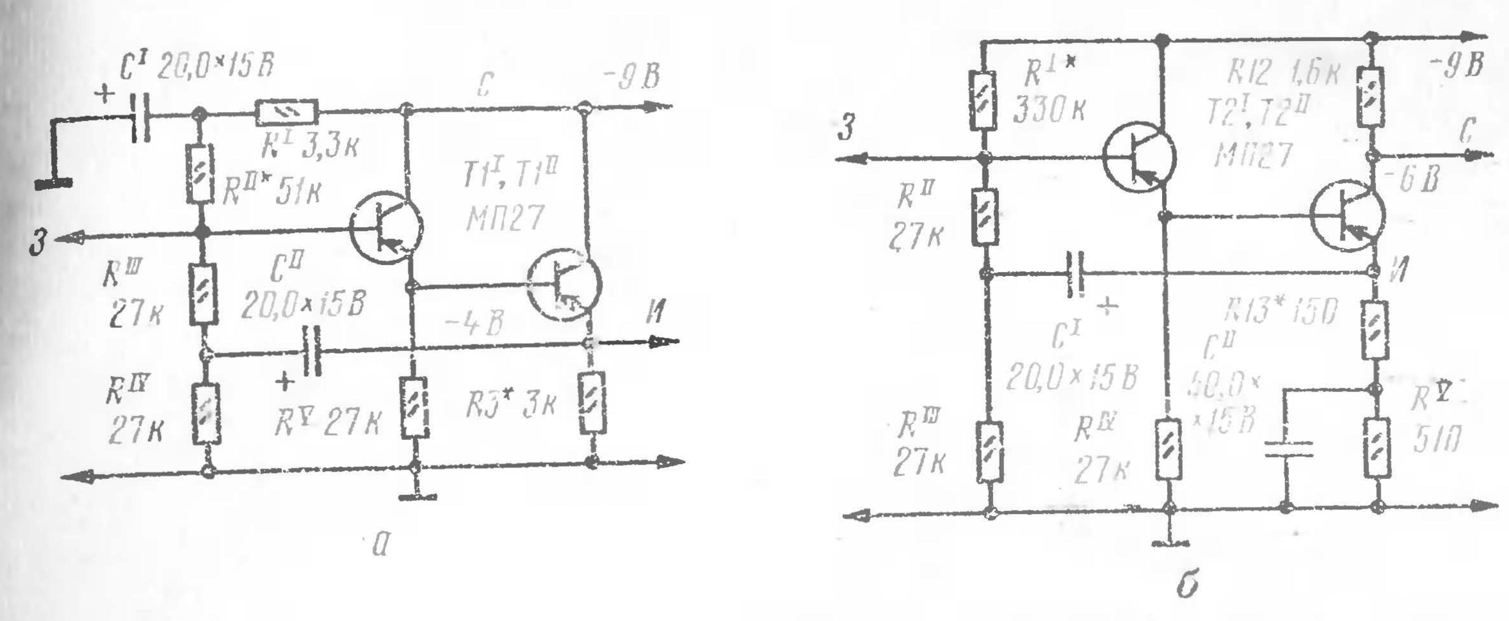


Рис. 3. Принципиальные схемы каскадов на биполярных транзисторах, заменяющих полевые

работы по постоянному току корректируют подбором резистора R^{II}.

На рис. 3, *б* приведена схема каскада, заменяющего полевой транзистор КП103КР. В нем работают такие же биполярные транзисторы, как в предыдущем случае. Но этот каскад с разделенной нагрузкой: резистор *R12* включен в цепь «стока», а *R13* — в цепь «истока» заменителя полевого транзистора. Выходное напряжение снимается со стока, а резистор в цепи истока создает отрицательную обратную связь по напряжению, необходимую для повышения входного сопротивления каскада. Режим работы по постоянному току устанавливают подбором резистора R^{I}. Входное сопротивление можно изменять подбором резистора *R13*.

Следует, однако, отметить, что замена полевых транзисторов биполярными все же несколько ухудшает работу усилителей НЧ, так как при этом возрастают нелинейные искажения и, кроме того, в бо́льшей степени сказываются внутренние шумы транзисторов.

В тех случаях когда необходимо произвести замену транзисторов, работающих в портативных радиовещательных приемниках, рекомендуем воспользоваться табл. 3. В ней обобщены сведения о транзисторах, применяемых в каскадах приемников различной степени сложности с учетом их возможной взаимозаменяемости. Например, если преобразователь частоты приемника АМ диапазонов ДВ, СВ, КВ выполнен на транзисторе П423, тогда, согласно табл. 3, возможна замена его транзисторами ГТ322Б, ГТ322В, ГТ309А, ГТ309Б, П422.

Таблица 3

Каскад	Наиболее приемлемые транзисторы
Усилитель ВЧ и преобразователь частоты диапазона УКВ ЧМ	ГТ313А, КТ313Б, КТ322А
Усилитель ВЧ АМ диапазонов ДВ, СВ, КВ	ГТ313А, ГТ313Б, ГТ322А, ГТ322Б
Преобразователь частоты диапазонов ДВ, СВ, КВ АМ (смеситель и гетеродин)	ГТ322Б, ГТ322В, ГТ309А, ГТ309Б, П422, П423
Усилитель ПЧ ЧМ и АМ	ГТ322Б, ГТ322В
Входной малошумящий каскад усиления НЧ	П27А, П28, П29, П30,МП39Б, МП41А
Предоконечный каскад усиления НЧ	МП40, МП41А, МП42А, МП42Б
Выходной двухтактный каскад усиления НЧ малой мощности	*p-n-p* — МП40, МП41А, МП42Б; *n-p-n* — МП35, МП36, МП37, МП38, МП38А
Выходной двухтактный каскад усиления НЧ средней мощности	*p-n-p* — ГТ402А, ГТ402Б, П213А, П213Б, П214В, ГТ701, ГТ703; *n-p-n* — ГТ404А, ГТ404Б

При выборе того или иного заменяющего транзистора необходимо учитывать не только электрические параметры, но и их конструктивные особенности. Так, в микроприемниках целесообразно применять микротранзисторы ГТ309, тогда как в переносных приемниках можно использовать высокочастотные транзисторы П423,ГТ322.

СОДЕРЖАНИЕ